



ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ-ΔΙΕΡΜΗΝΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΞΕΝΩΝ ΓΛΩΣΣΩΝ, ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΡΜΗΝΕΙΑΣ

ΠΜΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗΣ

Διπλωματική Εργασία

της φοιτήτριας του Τμήματος Ξένων Γλωσσών, Μετάφρασης και Διερμηνείας,
της Σχολής Ιστορίας και Μετάφρασης-Διερμηνείας
του Ιονίου Πανεπιστημίου

Αγγελική Γιαννακάκη του Κωνσταντίνου

Αριθμός Μητρώου: Ξ2018318

Θέμα:

Μετάφραση και σχολιασμός του άρθρου:
«Large-Scale, Metric Structure from Motion for Unordered Light Fields».

Επιβλέποντες:

Σωτήριος Κεραμίδας, Επίκουρος Καθηγητής
Παναγιώτης Κελάνδριος, Καθηγητής
Πασχάλης Νικολάου, Επίκουρος Καθηγητής

Κέρκυρα, Μάιος 2020

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη της Μετάφρασης», του Τμήματος Ξένων Γλωσσών, Μετάφρασης και Διερμηνείας, της Σχολής Ιστορίας και Μετάφρασης-Διερμηνείας του Ιονίου Πανεπιστημίου.

Αποτελεί το τελευταίο βήμα προς την απόκτηση ενός Μεταπτυχιακού Διπλώματος. Έχοντας λάβει ήδη το πτυχίο μου από το προαναφερθέν Τμήμα, θέλησα να επεκτείνω τις γνώσεις μου επί του θέματος. Κατά τη διάρκεια του Μεταπτυχιακού, παρακολουθήσαμε αρκετά μαθήματα, ένα εκ των οποίων μου κέντρισε περισσότερο το ενδιαφέρον· αυτό ήταν το μάθημα της «Μετάφρασης Επιστημονικών Κειμένων», το οποίο δίδασκε ο κ. Σωτήρης Κεραμίδας. Ο τρόπος που διεξήγε το μάθημα, καθώς και το αντικείμενο του, ήταν οι λόγοι που με ώθησαν να επιλέξω την επιστημονική μετάφραση ως αντικείμενο της Διπλωματικής μου Εργασίας. Αυτό όμως που με παρακίνησε να επιλέξω τον ίδιο ως βασικό επόπτη της εργασίας μου, ήταν η άψογη συμπεριφορά του προς εμένα, ο επαγγελματισμός του, η εμπειρία που είχα από προηγούμενες μας συνεργασίες κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και η εμπιστοσύνη που μου είχε δείξει τότε και τώρα σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό. Θα ήθελα λοιπόν να του εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους άλλους δυο επόπτες, τον κ. Κελάνδρια, με τον οποίο εκπόνησα και την Πτυχιακή μου και είχαμε μία άψογη συνεργασία, και τον κ. Νικολάου, με τον οποίο δεν είχα ποτέ μέχρι τώρα την τύχη να συνεργαστώ, αλλά χωρίς κανένα δισταγμό δέχθηκε να είναι μέλος της εποπτικής επιτροπής.

Δεν θα μπορούσα να μην αφιερώσω τον χρόνο να ευχαριστήσω τα άτομα, τα οποία μου συμπαραστάθηκαν σε όλη την πορεία μου, τόσο σε προπτυχιακό, όσο και σε μεταπτυχιακό επίπεδο. Αυτά τα άτομα είναι ο σύντροφος μου, ο Αργύρης, και οι φίλες μου, Γεωργία, Μαρία και Μάγδα. Σας ευχαριστώ που υπομείνατε τα νεύρα, τις στεναχώριες, που σταθήκατε δίπλα μου στις λύπες και στις χαρές όλων αυτών των χρόνων και που με στηρίζατε πνευματικά και ηθικά.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω αυτή την εργασία στους γονείς μου, Φιλία και Κώστα, χωρίς τους οποίους δεν θα είχα καταφέρει τίποτα από όλα αυτά. Ελπίζω να συνεχίσω να σας κάνω περήφανους.

Εισαγωγή

Η παρούσα Διπλωματική εργασία έχει δομηθεί ως εξής: στην αρχή βρίσκεται το πρωτότυπο κείμενο και εν συνεχεία το μετάφρασμα. Κατόπιν, ακολουθεί ο σχολιασμός, όπου στο πρώτο μέρος επεξηγείται η έννοια της μετάφρασης, καθώς και η Επιστήμη της Μετάφρασης, πληροφορίες σχετικά με τα επιστημονικά κείμενα, τις μεταφραστικές τεχνικές και δυσκολίες και την μεταφραστική διαδικασία. Στο δεύτερο μέρος του σχολιασμού αναλύεται η έννοια της Ορολογίας και του όρου, και παρατίθενται οι τρόποι και οι κανόνες σχηματισμού όρων στα Ελληνικά. Στο τρίτο και τελευταίο μέρος ακολουθεί ο σχολιασμός του συγκεκριμένου μεταφράσματος με βάση τις θεωρίες που αναπτύχθηκαν στα δυο προηγούμενα μέρη. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται αναφορά σε κάποιες γενικές πληροφορίες για τον συγγραφέα και το κείμενο, στον λειτουργισμό του κειμένου, στη μεταφραστική διαδικασία, στα βοηθήματα που χρησιμοποιήθηκαν (έμψυχα ή άψυχα) και έπειτα, αναλύονται τα μεταφραστικά προβλήματα που προέκυψαν κατά τη διαδικασία της μετάφρασης. Τέλος, αναφέρονται κάποια συμπεράσματα που εξάχθηκαν καθ' όλη τη διάρκεια της μεταφραστικής διαδικασίας. Κλείνοντας, παρατίθεται η βιβλιογραφία, ξενόγλωσση και ελληνική, και η ιστογραφία.

Το πρωτότυπο κείμενο πραγματεύεται την τρισδιάστατη απεικόνιση και, πιο συγκεκριμένα, την διαδικασία αναπαράστασης αντικειμένων σε τρισδιάστατη μορφή με τη μέθοδο της Δομής από Κίνηση, όπου μια κάμερα ειδικών χαρακτηριστικών απαθανατίζει το αντικείμενο από πολλαπλές οπτικές γωνίες. Το συγκεκριμένο κείμενο επιλέχθηκε κατόπιν προσεκτικής έρευνας και αναζήτησης στο διαδίκτυο. Ο συγγραφέας ανήκει στον φιλικό κύκλο, οπότε και θεωρήθηκε ιδανική ευκαιρία συνεργασίας μαζί του, καθώς ήταν σε θέση ο ίδιος να μου εξηγήσει το κείμενο του, δυνατότητα, η οποία δεν υφίσταται συνήθως. Πάρα ταύτα, το θέμα της τρισδιάστατης απεικόνισης είναι ένας τομέας, ο οποίος πάντα με συνάρπαζε και θεωρούσα εκπληκτικό. Επομένως, όταν μου δόθηκε η ευκαιρία να ασχοληθώ με αυτόν τον τομέα, την θεώρησα ιδανική για να εντρυφήσω σε ένα από τα ενδιαφέροντα μου. Το ενδιαφέρον όμως δεν ήταν αρκετό για να καλύψει την έλλειψη γνώσεων και εμπειρίας στη μετάφραση επιστημονικών κειμένων, οπότε μετά την επιλογή του κειμένου ακολούθησε μελέτη και έρευνα του επιστητού. Ακόμα και έτσι όμως, κρίθηκε απαραίτητη η βοήθεια του συγγραφέα προς κατανόηση του κειμένου. Οι προσωπικές δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη μετάφραση αφορούσαν κυρίως την εύρεση της ορολογίας και κατ' επέκταση την επιλογή της ορθής απόδοσης. Μετά την δημιουργία γλωσσαρίου, η μεταφραστική διαδικασία ήταν σχετικά εύκολη.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	2
Εισαγωγή	3
Πρωτότυπο κείμενο	5
Μετάφρασμα	19
Σχολιασμός	37
Μέρος Α': Μετάφραση.....	37
• Περὶ μετάφρασης.....	37
• Περὶ Επιστήμης της Μετάφρασης	37
• Περὶ του μεταφραστή	38
• Περὶ ισοδυναμίας.....	39
• Περὶ θεωρίας Σκοπού	40
• Περὶ επιστημονικῶν κειμένων.....	40
• Περὶ μεταφραστικῶν τεχνικῶν	41
• Περὶ μεταφραστικῶν προβλημάτων και δυσκολιών	42
• Περὶ μεταφραστικῆς διαδικασίας.....	42
Μέρος Β': Ορολογία.....	45
• Περὶ ορολογίας.....	45
• Περὶ Θεωρίας της Ορολογίας	45
• Περὶ ὅρου.....	46
• Περὶ σχηματισμοῦ ὀρων	48
• Περὶ κανόνων	50
• Περὶ λεξιλογίου.....	50
Μέρος Γ': Σχολιασμός μεταφράσματος	52
• Περὶ του συγγραφέα.....	52
• Περὶ του κειμένου	52
• Περὶ λειτουργίας του κειμένου	52
• Περὶ μεταφραστικῆς διαδικασίας.....	53
• Περὶ βοηθημάτων	53
• Περὶ μεταφραστικῶν προβλημάτων	54
• Συμπεράσματα	55
Βιβλιογραφία	56
Ξενόγλωσση	56
Ελληνική.....	57
Ιστογραφία	57

Πρωτότυπο κείμενο

Large-Scale, Metric Structure from Motion for Unordered Light Fields

Sotiris Nousias
University College London
sotiris.nousias.15@ucl.ac.uk

Manolis Lourakis
FORTH
lourakis@ics.forth.gr

Christos Bergeles
King's College London
christos.bergeles@kcl.ac.uk

Abstract

This paper presents a large scale, metric Structure from Motion (SfM) pipeline for generalised cameras with overlapping fields-of-view, and demonstrates it using Light Field (LF) images. We build on recent developments in algorithms for absolute and relative pose recovery for generalised cameras and couple them with multi-view triangulation in a robust framework that advances the state-of-the-art on 3D reconstruction from LFs in several ways. First, our framework can recover the scale of a scene. Second, it is concerned with unordered sets of LF images, meticulously determining the order in which images should be considered. Third, it can scale to datasets with hundreds of LF images. Finally, it recovers 3D scene structure while abstaining from triangulating using very small baselines. Our approach outperforms the state-of-the-art, as demonstrated by real-world experiments with variable size datasets.

1. Introduction

Structure from Motion (SfM) employs a set of 2D images acquired by a moving camera to estimate the 3D geometry of a scene and the camera motion. The vast majority of relevant research assumes that images have been acquired with ordinary pinhole cameras, which collect converging light rays. Hence, most existing SfM frameworks cannot be directly applied to generalised cameras, i.e. cameras which do not share a single centre of projection [9, 37]. In this work, we focus on SfM techniques suitable for generalised, non-central projection cameras with overlapping fields-of-view,



Figure 1. Point cloud and camera poses (indicated with red pyramids) reconstructed with *uLF-SfM* from 303 views of an indoor scene captured by Lytro Illum.

such as multi-ocular stereo rigs and multi-camera arrays. Multi-camera arrays have long been used in plenoptic, or Light Field (LF), imaging [25, 52]. Contrary to pinhole cameras that integrate the light rays that intersect each pixel from every direction, a LF image measures the light along each ray reaching the imaging sensor, avoiding angular integration. Thus, a LF captures a 4D slice of the plenoptic function [1] and can be post-processed to support a wide variety of applications [52].

Another approach to plenoptic imaging multiplexes different 2D slices to capture a LF within a single portable camera body [52]. Portable plenoptic cameras typically involve a microlens array placed between the sensor and main lens [32, 36]. The spatial arrangement of the microlenses permits the scene to be captured from multiple viewpoints during a single exposure, essentially trading off spatial resolution on the image sensor with angular resolution. Each independent viewpoint corresponds to a sub-aperture image [52], therefore a single-body plenoptic camera can be considered as a system of multiple pinhole cameras with overlapping fields-of-

view. The sub-aperture image whose coordinate frame coincides with that of the LF image will be referred to as the *central* sub-aperture image.

It is also worth noting an emerging trend to include plenoptic imaging capabilities in smartphones, exemplified by Huawei P20 Pro that features three rear cameras, or the Samsung Galaxy A9 that features four. Thus, it is timely to devise bespoke SfM pipelines for plenoptic systems.

We discuss related prior work in Sec. 2. The operation of our pipeline, called *uLF-SfM* and depicted schematically in Fig. 2, is described afterwards. Specifically, we first explain how correspondences are established among LF images (Sec. 3) and how an initial reconstruction is obtained (Sec. 4). Subsequently, we discuss how additional LF images are introduced to the reconstruction and extend it (Sec. 5). Throughout the pipeline, care is taken to cope with outliers. Sparse bundle adjustment for reconstruction refinement is discussed in Sec. 6. Section 7 compares *uLF-SfM* with the state-of-the-art. We conclude in Sec. 8.

2. Related Work

SfM for pinhole cameras. This research strand has undergone an impressive evolution in recent years and is nowadays capable of reconstructing accurate camera positions and realistic scene models from large, unordered image collections [12, 44], while it can operate in real-time on ordered image sequences [8, 42]. High quality software implementations are also publicly available [41]. Traditional SfM customarily alternates between pose estimation and triangulation (i.e., resection-intersection) steps, an approach we also adopt in our pipeline.

A seemingly straightforward choice for dealing with a set of LF images, is to consider each constituent sub-aperture image as an ordinary image and process it with traditional SfM techniques. Treating sub-aperture images independently, however, creates large image sets. Furthermore, it neglects that their optical

centres are regularly arranged on a planar grid and that this arrangement remains constant within LFs. Sub-aperture images also present challenging peculiarities such as tiny baselines and low resolution. Therefore, it is essential to design efficient and robust SfM pipelines specifically for LFs. We note that a medium-sized set of 100 LF images acquired with Lytro Illum contains 2.5K sub-aperture images, 4.4M point features in total, and 20K feature tracks, each giving rise to a 3D point. Sub-aperture image baselines can be as small as 0.5 mm. In the following, the term *LF frame* will imply an LF image that has been acquired by a calibrated single body plenoptic camera and can be decomposed in a collection of sub-aperture images.

State-of-the-art LF-SfM pipelines. The first LF-SfM pipeline was developed by Johannsen *et al.* [15], who assume ordered LF frame sequences. They derive a 2D linear subspace constraint on ray bundles passing through a certain 3D point, which they call the ray manifold constraint. This constraint leads to a linear system on the camera motion parameters. The linear subspace is first recovered within a single LF via a process resembling 3D reconstruction (as also pointed out in [53]). Then, the ray manifold constraints are combined to recover the LF pose with a numerical scheme borrowed from [26]. However, the ultra-small baseline of LF sub-aperture images renders the triangulation of a 3D point from them an ill-conditioned problem. Bundle adjustment (BA) was omitted from [15] but introduced in more recent work [16].

Zhang *et al.* recently presented *P-SfM*, a sequential pipeline for plenoptic SfM that, in addition to points, uses lines and planes as geometric features [53]. They study how ray manifolds associated with such geometric features transform under pose changes and exploit these transforms to recover LF camera poses. The point-ray manifold is identical to that in [15]. The complete pipeline, however, is not easily reproducible as its description in the paper lacks important details. For instance, there is no explanation on how the line-ray

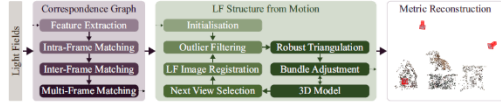


Figure 2. Schematic illustration of our *uLF-SfM* pipeline.

manifold (i.e., set of rays through a 3D line) is derived from noisy line correspondences, nor how the optimal motion is determined with a non-geometric cost function arising from corresponding manifold constraints. Further, apart from a final refinement, *P-SfM* treats the estimation of motion and structure as two separate problems.

We complete this discussion by noting that although both [15] and [53] perform joint refinement of motion and structure resembling BA, they do not exploit the sparseness of the problem. In other words, they minimise the cumulative reprojection error with standard, dense non-linear optimisation techniques which do not scale well as they incur very large execution times even for a few tens of LF frames [28]. This, in turn, leads to inability to process large datasets: the maximum number of LFs employed in [15], and [53], are limited to 21, and 5, respectively.

Two-view relative motion estimation. To bootstrap SfM for generalised cameras when no information about the motion or scene structure is available, the relative motion between two views must be estimated. Such work was first reported by Pless [37] who substituted image rays for pixels and presented the generalised epipolar constraint (GEC) for a pair of cameras, rigidly attached to a body frame. The GEC decouples motion and scene structure estimation and, contrary to conventional epipolar geometry, enables metric 3D reconstruction as scale can be recovered from prior calibration which determines the true distance between the origins of two projection rays, and, hence, scale [27, 38]. Stewénius *et al.* [45] combined the GEC with Gröbner basis techniques to develop the 6-pt algorithm, which computes the relative pose between two generalised cameras from 6 corresponding rays. The 6-pt algorithm, however, is far from practical as it is

computationally expensive and needs to disambiguate up to 64 solutions.

The GEC was also used by Li *et al.* [26] to develop the 17-pt algorithm, a linear, non-minimal technique requiring 17 ray correspondences for estimating the essential matrix. Kneip and Li [19, 21] proposed an iterative solution for generalised relative pose from at least 7 correspondences. This algorithm is based on eigenvalue minimisation and is sensitive to initialisation, being prone to getting trapped in local minima. Larsson *et al.* [22] study automatically generated polynomial solvers for a wide variety of geometric problems, among which that of generalised 6-pt relative pose.

Absolute motion estimation. Starting with a reconstruction obtained from a set of frames, new ones can be added by estimating their pose with respect to the already reconstructed 3D points. Estimating the pose of a calibrated generalised camera from n given 2D-3D correspondences is known as the generalised Perspective-n-Point (gPnP) problem. Minimal solvers for gPnP require triplets of correspondences between 3D points and the viewing rays of their corresponding image projections [18, 23, 34]. These solvers involve octic polynomials that are solved iteratively. Efficient solvers are proposed in [4, 20].

Contributions. Relying on sparse point features, our work builds on ideas from classical pinhole SfM and develops a pipeline for structure and motion recovery from large numbers of LF frames. Specifically:

- We propose a novel method for large-scale, metric and unordered SfM with generalised cameras having overlapping fields-of-view, and demonstrate it with LF cameras. In particular, we develop techniques for feature matching, outlier filtering and robust triangulation adapted to LFs.
- We demonstrate that our method significantly outperforms current state-of-the-art approaches, both in terms of accuracy and attainable input size. We also show that it is more effective for SfM with

LFs than mature, pinhole pipelines such as COLMAP [41].

- We describe an extension of standard sparse bundle adjustment to accommodate LFs.

3. Building the Correspondence Graph

The first stage of our pipeline concerns the construction of a correspondence graph and is composed of four steps. It starts with feature detection and descriptor extraction, followed by intra-frame matching, which identifies sets of features linked to the same 3D point within a certain LF frame. These sets of features are then matched between different LF frame pairs, yielding inter-frame pairwise matches. Finally, pairwise matches are converted to multi-image feature tracks in the multi-frame matching step. In the rest of this section, we assume that individual sub-aperture images have been extracted by a calibration process, e.g. [3, 6, 35].

3.1. Feature extraction and intra-frame matching

For every LF frame, this step identifies sets of features that putatively are projections of the same 3D points in the frame’s sub-aperture images. To this end, for each sub-aperture image, sparse point features are detected using the difference of Gaussians (DoG) cornerness measure [29], and their RootSIFT descriptors are computed [2]. Using the standard distance ratio test [29], RootSIFT descriptors from the central sub-aperture image are subsequently matched with the RootSIFT descriptors of every other sub-aperture image. Comparing RootSIFT descriptors with the Euclidean distance is equivalent to comparing the original SIFT descriptors with the Hellinger distance, which is more effective for comparing histograms [39]. Sets of matching features that appear in less than a minimum number of sub-aperture images (4 in our implementation) are discarded. Furthermore, to prune mismatched features between the sub-aperture images,

we perform filtering which relies on the observation that for matching features, their pixel disparity in both image coordinates is small. Thus, using the median and the median absolute deviation (MAD) as robust estimators of location and scale, we compute the Z-score [13] for each image coordinate of the putative intra-frame matches. Then, matches with an absolute Z-score in either coordinate greater than a cutoff (set to 3.0), are discarded as erroneous.

3.2. Inter-frame matching

Inter-frame matching provides sets of features matched between pairs of LF frames. For efficiency, this step employs only the descriptors obtained from the central sub-aperture images. The ratio test [29] combined with left-right consistency checking is used to determine pairwise matches using the central sub-aperture descriptors for all LF frames. Since these descriptors are expected to be less similar across different LF viewpoints, inter-frame matching applies the ratio test with a laxer threshold compared to that for intra-frame matching. To account for mismatches, we fit an essential matrix using the 5-pt algorithm [33] within a RANSAC [7] framework and discard the outliers.

Acknowledging that robust 3D triangulation requires sufficient parallax induced by the translational component of the relative motion between the viewpoints involved, we wish to avoid triangulating with LF frames that are related with a homography. Hence, we also fit a homography to the matches of each central sub-aperture image pair and use Torr’s geometric robust information criterion (GRIC) [50] to determine the most likely model (i.e. essential matrix or homography). GRIC has been employed in sequential SfM to detect and avoid homographies when selecting keyframes [48]. In our case, frame pairs that are best described with an essential matrix are called *geometrically verified* and are used to perform triangulation in later stages of our pipeline. For example, we consider only geometrically verified pairs

for SfM initialisation (cf. Sec. 4.1) and avoid triangulating newly established matches between pairs that have not passed the verification (cf. Sec. 5).

Features from the central sub-aperture images participate in intra-frame matches extracted as described in Sec. 3.1. Thus, matching central descriptors permits the association of intra- and inter-frame features. The extension of pairwise matches to multi-frame ones is addressed next.

3.3. Establishing multi-frame matches

This step identifies lists of matches for the same 3D points across multiple LF frames. To obtain multi-frame feature matches from the pairwise matches determined in Sec. 3.2, we construct an undirected graph that has a vertex for every matched feature of the central sub-aperture images and an edge between the vertices of each pairwise match. Owing to the very large number of features, this graph has a large adjacency matrix that cannot directly fit in memory. Nevertheless, it is very sparse and can hence be economically represented using the compressed sparse row (CSR) storage format that supports efficient random access. Feature tracks, *i.e.* matches across multiple LF frames, correspond to connected components of the graph. These can be determined in time linear to the number of graph vertices and edges by repeatedly performing breadth-first searches (BFS) until all graph vertices have been visited [5]. BFS were preferred over transitive closure computation with the Floyd-Warshall algorithm since the latter has cubic complexity in the number of vertices [5].

Multi-frame matches could in principle be determined with the recent work of Tron *et al.* [51], who use density-based clustering to determine multi-image matches from the modes of a non-parametric density function estimated in feature space. However, [51] does not scale well to the thousands of matches arising from a set of even 100

frames. Specifically, we used the author’s implementation¹ to perform the transitive loop closure among the pairwise central sub-aperture feature matches. Despite that the algorithm converged fast for small sets, *e.g.* up to 20 frames, the amount of memory required for 100 frames exceeded that available, causing the algorithm to abort prematurely. Indeed, the authors argue in [51] that their algorithm can handle approximately up to 20K features, but this is only a fraction of the number of features obtained in a set of even 50 frames. An alternative approach is [30], which makes use of the spectral properties of the pairwise matches’ permutation matrices. Although [30] scales to hundreds of images, it requires prior knowledge of the number of expected features. Furthermore, its runtime depends on the feature universe size, requiring a couple of minutes for around 50 images [30]. In comparison, our approach is more practical and faster, completing, *e.g.*, in just 40 seconds for 100 images with 250K features.

4. Structure and Motion Initialisation

Given the correspondence graph from the previous section, reconstruction starts by selecting a geometrically verified frame pair, and proceeds to relative pose estimation and robust triangulation using matched features.

4.1. Choosing the initial pair

As also noted in [40, 41, 49], initialisation is critical in unordered SfM since it may never recover from a poor initial-pair choice. We empirically observed that the scene scale is not estimated accurately using only co-planar correspondences. Therefore, candidates for the initial pair are the geometrically verified pairs obtained using GRIC [50] (see Sec. 3.2). We select the pair with the maximum number of pairwise matches, and fit them with a generalised essential matrix using the 17-pt algorithm with RANSAC. Pairs for which either the

¹<https://bitbucket.org/tronroberto/quickshiftmatcing>

inlier ratio is less than a specified threshold or RANSAC exceeds a maximum number of 200 iterations are discarded and the next best initial pair candidate is evaluated. Since this step is critical for scale recovery, we employ a high inlier ratio threshold of 0.7. Having chosen a candidate initial LF frame pair, following subsections describe how to accurately estimate its relative pose using ray-to-ray correspondences and remove outliers.

4.2. From light field features to spatial rays

Each of the pairwise inter-frame correspondences obtained in Section 3.2 consists of sets of features between two LFs. Using the two-plane parameterisation [25], each feature is defined by a quadruple of coordinates (u, v, s, t) , where $(u, v) \in \mathbb{R}^2$ encode the pixel location on the sub-aperture image centred on $(s, t) \in \mathbb{Z}^2$ in the LF camera grid. State-of-the-art LF camera calibration techniques [3, 35] provide the calibration matrix $\mathbf{K}$ for each sub-aperture image, which is the same for all sub-aperture images of a micro-lens based LF camera, and map the $s - t$ coordinates to sub-aperture image centres in metric coordinates. Thus, a pixel in a sub-aperture image can be directly mapped to a spatial ray with direction $\mathbf{d} = \mathbf{K}^{-1} [u \ v \ 1]^T$. Each inter-frame feature match can be transformed to a ray correspondence, which gives rise to a constraint based on the GEC [37]. Assuming that there are N inter-frame correspondences, each of which contains l_i intra-frame features from the first LF and m_i from the second, $i=1 \dots N$, we obtain a total of $\sum_{i=1}^N l_i m_i$ ray correspondences. These are the input to the 17-pt algorithm discussed next.

4.3. Relative pose algorithm selection

After selecting the initial pair of frames, we compute their relative pose. To determine the most suitable approach, we compared

in simulation several algorithms for estimating the relative pose of generalised cameras: The 17-pt algorithm [26], 17-pt with RANSAC, 17-pt with RANSAC followed by non-linear refinement, 6-pt with RANSAC [45] and the algorithm of Johannsen et al. [15] (which also employs RANSAC). We simulated a realistic LF camera, similar to Lytro Illum, with 5×5 sub-aperture views, a baseline of 0.5mm between neighboring cameras on the grid, and focal length of 600 pixels. For each noise level, we carried out 200 tests, each of which consists in randomly selecting 30 3D points having a distance between 0.5m and 8m to the world origin, resulting in $25 \times 25 \times 30 = 18750$ ray correspondences. The first LF camera is at the origin of the world frame and aligned with the axes whereas the second is chosen with a random translation in the cube $[-2, 2]^3$ and a random rotation from $[-0.5, 0.5]$ rad for each axis. To evaluate the algorithms in a challenging scenario, half of the 3D points were chosen so that their disparity in the neighboring sub-aperture images was less than 0.1 pixels. These points lie at a distance larger than 3m from the world origin. The percentage of outliers was 20%. Regarding implementation, we used the code provided from the author's website² for [15], whereas for the rest of the algorithms we relied on OpenGV [17].

Figure 3 summarises the simulation results using the median of the translation and rotation relative pose errors for all algorithms; note that the translation error in the left graph is absolute. On one hand, it is evident that the 17-pt algorithm with RANSAC is the most accurate. Furthermore, we observe that the estimation of translation is accurate for up to two pixels noise. On the other hand, the 17-pt algorithm of Johannsen et al. [15] results in larger errors when applied to 3D points with small disparities. Thus, we select the 17-pt algorithm for our pipeline, followed by a refinement step minimising the ray reprojection error of the 17-pt inliers.

²<https://www.cvia.uni-konstanz.de/code-and-datasets>

4.4. Outlier filtering

The effect of outliers on SfM is detrimental, thus successfully removing them is of utmost importance. Contrary to central cameras where each pair of correspondences contains unique features in each image, in LF frames a certain feature might be included in multiple pairs of corresponding rays, due to the construction of ray correspondences described in Sec. 4.2. An outlier in a set of intra-frame feature matches in one LF frame will result in a set of outliers in the ray correspondences. Thus, simply removing features from the outlier set may result in discarding correct feature matches in addition to mismatched ones, resulting in a sparser point cloud. To avoid this, we remove a feature only if it is labelled as a 17-pt RANSAC outlier more than a certain number of times (4 in our implementation). This procedure is repeated for the features of the other LF frame. If all intra-frame features of either LF are removed, the inter-frame correspondence is eliminated altogether.

4.5. Robust triangulation

Triangulation is performed using all the matched intra-frame features between a pair of LF frames. For a certain 3D point observed in two LF frames by M and N sub-aperture images, the input is a set of $M + N$ projection matrices each of which corresponds to one of the sub-aperture images, and a set of $M + N$ sub-aperture image projections. Although we have removed most mismatched features using either the thresholding on the image coordinates or through RANSAC for pose estimation (Secs. 3.1, 4.4), some may still be present. To safe-guard against erroneous matches but also unstable sub-aperture viewpoint configurations, we perform robust triangulation as follows.

If $M + N \leq 16$, we examine all possible camera pairs, otherwise we select $7(M + N)$ pairs at random. For each camera pair examined, we perform triangulation with

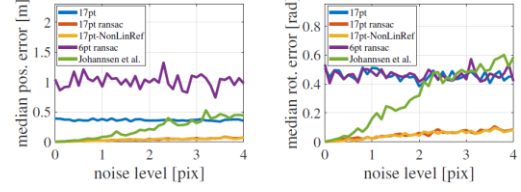


Figure 3. Comparison of relative pose estimation algorithms for generalised cameras with overlapping fields-of-view.

the midpoint method [11]. This determines a triangulated 3D point as the midpoint of the shortest line segment (*i.e.*, common perpendicular) between two, possibly skew, back-projected rays. We only consider ray pairs whose common perpendicular (*i.e.*, distance) is shorter than a fraction of the pair’s baseline (set to 5%), and the angle of triangulation (defined with the aid of the midpoint) is also above a threshold (set to 5°). These checks avoid triangulation with tiny baselines (*e.g.*, sub-aperture images of the same LF frame) or nearly parallel triangulating rays (*e.g.*, forward motion).

Midpoint triangulation was preferred over DLT [11] due to being more computationally efficient and lending itself to an intuitive, geometrically meaningful check for assessing whether a pairwise triangulation is well-conditioned. We retain the 3D point corresponding to the minimum length common perpendicular and use it to identify outliers by projecting it on every sub-aperture image, calculating the reprojection error and removing projections whose error exceeds a threshold determined with the X84 rejection rule [49]. Finally, the triangulated 3D point is refined using Levenberg-Marquardt to non-linearly minimise its cumulative reprojection error over the inlying sub-aperture images. As an extra precaution, we keep only the points whose average reprojection error is less than 1 pixel.

5. Extending the Reconstruction

The initial reconstruction is extended to include more LF frames and 3D points by first selecting the next LF frame to be registered. Then, the new frame is registered, points are estimated via

triangulation and trajectories are verified. This process repeats until all frames have been registered.

5.1. Next best view selection

Choosing which frame to register next is crucial, as it affects the accuracy of both the pose estimates and the triangulation. Inaccurate pose estimates may lead to spurious 3D points causing the reconstruction to fail. A popular strategy is to simply choose the image which captures most of the scene [43]. Usually, this is also the convergence point of covariance propagation algorithms for view planning [10]. Lepetit *et al.* [24] experimentally showed that the accuracy of absolute solvers is affected by both the number of points and their spatial distribution in the image.

Schonberger [41] proposed a multi-scale approach where an image is discretised into bins for each scale. The next-view candidate set consists of images that already see at least a predefined number of points. For each scale, the number of bins that a point is visible in contributes to the image score. The image with the highest score is selected as the new frame to be registered. In that way, images with better spatially distributed 3D-2D correspondences will result in higher scores and so will be registered first. This approach is practical, easy to implement, and less computationally expensive than covariance propagation.

Considering that the sub-aperture images in a LF frame have large field-of-view overlap, it is computationally more efficient to use only the central sub-aperture image for the next view selection. Therefore, *uLF-SfM* uses the view selection of [41] applied to the central sub-aperture images.

5.2. Light Field frame registration

Provided with an initial reconstruction, new LF frames can be registered to it by solving the generalised PnP problem and determining their absolute pose. The input

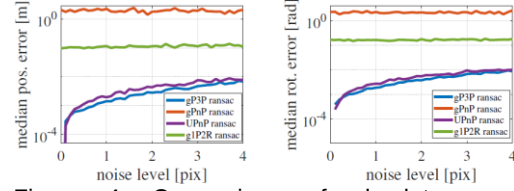


Figure 4. Comparison of absolute pose estimation algorithms. Note the logarithmic scale in the vertical axes.

to the generalised PnP problem is a set of 3D points along with their corresponding LF features. Instead of one-to-one correspondences between reconstructed 3D points and spatial rays, we obtain N point-ray correspondences, where N is the total number of intra-frame feature matches of the particular 3D point. Using a simulation scenario similar to that in Sec. 4.3, we employed synthetic data to compare the performance of several absolute pose estimation algorithms for generalised cameras. Specifically, we compared the following solvers embedded in RANSAC: the minimal solver *gP3P* [18], *gPnP* [18] which is an n -point solver extending *EPnP* [24] to the non-central case, *g1P2R* [4] which employs one point-point and two point-ray correspondences, and the *UPnP* algorithm of [20]. We employed the author's implementation³ for *g1P2R* and OpenGV [17] for the rest.

Figure 4 illustrates the performance of the algorithms with regard to the median translation and rotation absolute pose errors. Note that *g1P2R* does not perform well since it needs to locally triangulate a point, which in the case of a LF frame is inaccurate as it is performed with a small baseline. *gP3P* outperforms all other algorithms, therefore it is employed with RANSAC in *uLF-SfM* to estimate the pose of the LF to be registered. If the fraction of inliers is less than 0.3, the frame is kept unregistered, to be reconsidered in the future. Otherwise, the pose obtained through RANSAC is further refined using non-linear minimisation of the ray reprojection error pertaining to the inliers [17]. Intra-frame features corresponding to RANSAC outliers are removed from the

³<http://people.inf.ethz.ch/fcampose/publications>

correspondence graph, as explained in Sec. 4.4.

5.3. Incremental mapping

Once a new frame has been registered, we perform robust triangulation as in Sec. 4.5. Triangulation involves geometrically verified pairs only. We use inter-frame correspondences between the new frame and the already registered ones, as available from the correspondence graph. Reconstructed points whose average reprojection error is above 1 pixel are discarded. Also removed are outlying intra-frame LF features identified by the triangulation step.

Occasionally, the correspondence graph might contain a few outliers, e.g. due to erroneous matching. Thus, for each new 3D point, we compute the reprojection error for the intra-frame correspondences of already registered frames and remove features whose error is higher than 1 pixel.

6. Bundle Adjustment for Light Fields

Bundle adjustment (BA) bounds drift by refining the 3D structure and camera poses to minimise the average reprojection error across frames. Although the standard practice in conventional SfM is to frequently perform local BA [31, 49] and resort less frequently to the more expensive global BA, we deviate from this since our robust triangulation already includes a non-linear refinement of the reprojection error. Thus, we periodically employ only global BA, which is invoked either when the 3D point cloud has grown by a certain percentage (15% in our implementation) or when the number of newly registered frames exceeds 10.

In the case of a LF frame consisting of S sub-aperture images, a particular 3D point projects to up to S image projections. Each of these sub-aperture images has a constant pose relative to the pose of the LF frame, thus its absolute pose can be directly related to the latter. Therefore, we perform BA by keeping the relative poses of

sub-aperture images fixed and minimising the reprojection error with respect to only the LF frame pose and the 3D structure. To achieve this, we have extended the SBA [28] generic BA engine to handle projections in as many as S sub-aperture images per LF frame. Specifically, SBA supports arbitrary camera projection functions where the details of projection as well as the pose, structure and image projection parameters are at its user's discretion. Thus, we use a 2D point for each sub-aperture image a 3D point appears in (up to $2S$ concatenated image coordinates in total) and a 6D rigid transformation to represent LF frame poses. Camera rotations are parameterised with modified Rodrigues parameters [47] and the projection Jacobian is derived analytically. Consider N 3D points viewed by M LF frames and let x_{ijk} denote the projection of the i -th point on the k -th sub-aperture image of LF frame j , $\mathbf{a}_j$ the pose of LF frame j , $\mathbf{b}_i$ the coordinates of point i , and $\mathbf{c}_k$ the relative pose of the k -th sub-aperture image. BA for LFs amounts to the following non-linear least squares problem:

$$\min_{\mathbf{a}_j, \mathbf{b}_i} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^S v_{ijk} d(Q(\mathbf{a}_j, \mathbf{b}_i, \mathbf{c}_k), \mathbf{x}_{ijk})^2, \quad (1)$$

where $Q(\mathbf{a}_j, \mathbf{b}_i, \mathbf{c}_k)$ is the predicted projection of point i on the k -th sub-aperture image of LF frame j , $d(\cdot, \cdot)$ is the Euclidean distance, and v_{ijk} is the visibility mask. Notice that the $\mathbf{c}_k$ are not modified during minimisation since they are identical for all LF frames and have been estimated during camera calibration. For efficiency, (1) is minimised exploiting the sparseness of the underlying normal equations [28].

7. Experimental Evaluation

This section presents experiments demonstrating the accuracy of reconstructions recovered by *uLF-SfM* and the correctness of their scale. It also compares the performance of *uLF-SfM* with the state-of-the-art represented by *LF-SfM* [15] and *COLMAP* [41], treating the latter as

	# LFs		# Registered		# 3D points		Avg. reprojection error [pix]		
	COLMAP ^C	Ours	COLMAP ^C	Ours	COLMAP ^C	Ours	COLMAP ^C	Ours	Ours ^C
Octopus	7	7	7	7	1045	1169	0.20	0.29	0.16
House	16	16	16	16	1854	1756	0.26	0.31	0.24
Toy-car	103	103	103	103	9917	13512	0.17	0.72	0.23
Chameleon	303	303	303	303	28281	35597	0.19	0.81	0.21

Table 1. Comparison of *uLF-SfM* with state-of-the-art, classical SfM [41] applied to the central sub-aperture images.

	Transl. Difference		Rot. Difference (°)	
	Ours	LF-SfM [15]	Ours	LF-SfM [15]
Octopus	0.16 ± 0.13	4.39 ± 2.36	0.34 ± 0.01	1.41 ± 0.93
House	0.13 ± 0.08	3.34 ± 1.51	0.18 ± 0.02	3.52 ± 1.87
Toy-car	0.11 ± 0.04	(32.41 ± 26.36)	0.67 ± 0.01	(7.03 ± 2.64)
Chameleon	0.12 ± 0.08	—	0.89 ± 0.43	—

Table 2. Differences in poses obtained with *uLF-SfM* and *LF-SfM* [15] using COLMAP [41] as reference. *LF-SfM* registered only 63 frames on “Toy-car” and failed on “Chameleon”.

the gold standard. More results are in the suppl. material. A comparison with *P-SfM* [53] was not possible as its implementation was not made available to us and, as explained in Sec. 2, is not easily reproducible based solely on the publication.

Using a Lytro Illum LF camera, we captured 4 increasingly larger datasets, namely “Octopus”, “House”, “Toy-car”, and “Chameleon”, from different scenes shown in the first row of Fig. 5. The number of LF frames is given in the second column of Table 1. The LF camera was geometrically calibrated with [3] for use with *uLF-SfM* and COLMAP, attaining a reprojection error of 0.20 mm. On the other hand, *LF-SfM* required calibration with [6], which led to an error of 0.22 mm. Sub-aperture images are 552 x 383 pixels, arranged on 5 x 5 grids within LF frames. For all pipelines, identical initialisation, feature detection and matching parameters were used.

Run time. On a PC with an Intel Core i7 CPU at 2.2 GHz and 16 Gb of RAM, *uLF-SfM* required 11 sec, 80 sec, 38 min, and 131 min for the “Octopus”, “House”, “Toy-car”, and “Chameleon” datasets, respectively⁴. *LF-SfM* required 25 min and 115 min for “Octopus” and “House”, of which 23 min and 112 min were spent for its final non-linear refinement step. *LF-SfM* aborted due to insufficient memory after the first iteration of the final refinement on “Toy-

car” and completely failed on “Chameleon”. On the two smaller datasets (“Octopus” and “House”), COLMAP succeeded in registering all sub-aperture images in 114 and 325 sec (note that these are longer than *uLF-SfM*). On “Toy-car”, COLMAP aborted after 5 non-convergent BA steps, having registered 1.3K images in 10 hrs. This is because COLMAP treats each sub-aperture image independently, not accounting for the special structure of LF frames. Thus, it is confronted with a fairly large problem involving 2.6K images. Consequently, we ran COLMAP on “Toy-car” and “Chameleon” using only the central sub-aperture images.

Structure estimation quality. The reconstructions obtained with our *uLF-SfM* are shown in Fig. 5, illustrating that object shapes and boundaries are faithfully recovered. Reconstructed points numbers and mean reprojection errors compared to those of COLMAP applied to the central sub-aperture images are shown in Table 1. Fig. 5 also includes reconstructions recovered by *LF-SfM* after providing it with LF frames in the order they were registered by *uLF-SfM* (cf. Sec. 5.1). Since the final refinement step of *LF-SfM* fails when processing more than 20 LF frames, we visualise the output of *LF-SfM* only for the two smaller datasets. Fig. 6 shows that *uLF-SfM* accurately recovers scale by comparing metric reconstructions with measured object dimensions.

Since *uLF-SfM* uses only central images for inter-frame matching, it is fair to compare the density of its reconstructions with COLMAP. In all datasets, *uLF-SfM* provides denser reconstructions with accuracy comparable to COLMAP (see Table 1). Our mean reprojection error is slightly higher compared to COLMAP when calculated for all sub-aperture images. However, as shown in the last column of Table 1 (superscript C), the reprojection error is similar to COLMAP’s, when computed for the central sub-aperture

⁴ Apart from feature detection and BA, our pipeline is coded in non-optimised Matlab, as is *LF-SfM* [15]; COLMAP [41] is written in C++.

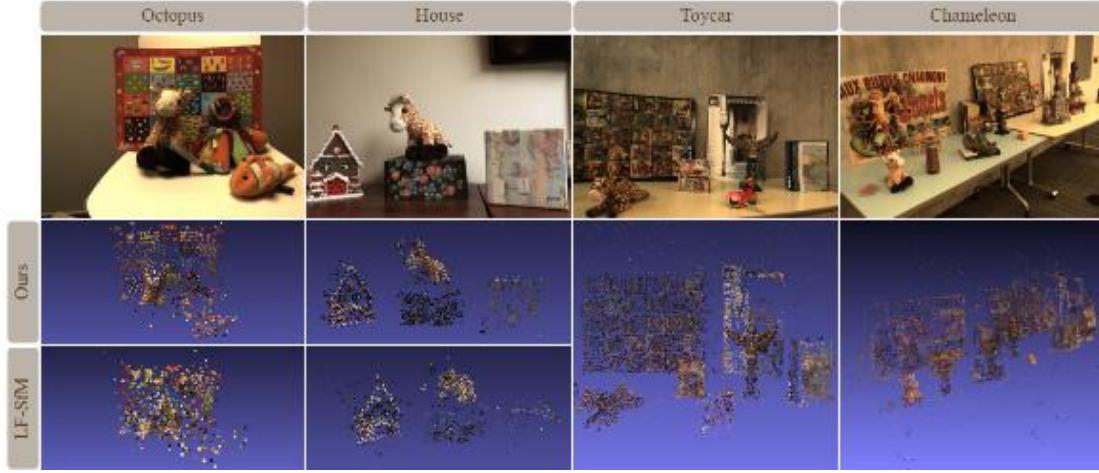


Figure 5. Frames from “Octopus”, “House”, “Toy car”, and “Chameleon” (top); structure obtained with our pipeline (middle left & bottom right); structure obtained with *LF-SfM* [15] for “Octopus” and “House” (bottom left). *LF-SfM* failed for “Toy car”, and “Chameleon”.

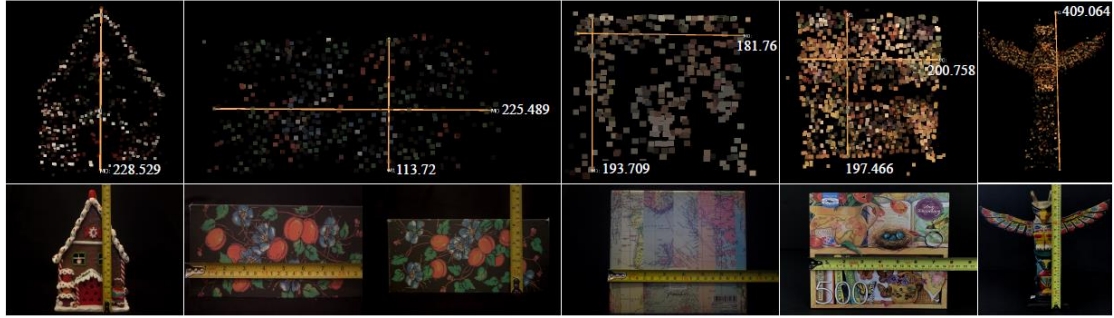


Figure 6. Fidelity of metric reconstruction. The measurements of the reconstructed objects are in mm.

images only. This discrepancy has been also observed in [3, 6] and relates to astigmatism and field curvature [46] that affect micro-lens based LF cameras [14].

Pose estimation fidelity. To quantify the performance of camera pose estimation, we compared the output of *uLF-SfM* and *LF-SfM* with *COLMAP*. Since the latter cannot recover scale, we scaled the camera translation vectors for both *uLF-SfM* and *LF-SfM* so that the translation between the two first frames has unit norm. Table 2 presents the differences between the translations and rotations, measured with the L2-norm and the single axis residual rotation angle, respectively. Clearly, the poses of *uLF-SfM* and *COLMAP* are very similar. *LF-SfM* managed to register only 63 frames on “Toy car” without refinement and failed entirely on “Chameleon”.

8. Conclusion

We presented an SfM algorithm capable of dealing with several hundred unordered LF frames. Our pipeline outperforms the state-of-the-art by orders of magnitude in computation time and input size, with accuracy very similar to that attained by [41] applied to central sub-aperture images. Our code and data are available at <https://github.com/sotnousias/uLF-SfM.git>.

Acknowledgements: This work was supported by an EPSRC Centre for Doctoral Training in Medical Imaging [EP/L016478/1], an AMS Springboard Award [SBF001/1002], an ERC Starting Grant [714562], and EU’s H2020 Programme [sustAGE No 826506].

References

- [1] Edward H. Adelson and James R. Bergen. The plenoptic function and the elements of early vision. In *Computational Models of Visual Processing*, pages 3–20, 1991.
- [2] Relja Arandjelovic and Andrew Zisserman. Three things everyone should know to improve object retrieval. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 2911–2918, 2012.
- [3] Yunsu Bok, Hae-Gon Jeon, and In So Kweon. Geometric calibration of micro-lens-based light field cameras using line features. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(2):287–300, Feb 2017.
- [4] Federico Camposeco, Torsten Sattler, and Marc Pollefeys. Minimal solvers for generalized pose and scale estimation from two rays and one point. In *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pages 202–218, 2016.
- [5] Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. *Introduction to Algorithms*. The MIT Press, 3rd edition, 2009.
- [6] Donald G. Dansereau, Oscar Pizarro, and Stefan B. Williams. Decoding, calibration and rectification for lenselet-based plenoptic cameras. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 1027–1034, Jun 2013.
- [7] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles. Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Commun. ACM*, 24(6):381–395, June 1981.
- [8] Steffen Gauglitz, Chris Sweeney, Jonathan Ventura, Matthew Turk, and Tobias Hollerer. Model estimation and selection towards unconstrained real-time tracking and mapping. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(6):825–838, June 2014.
- [9] Michael D. Grossberg and Shree K. Nayar. The raxel imaging model and ray-based calibration. *Int'l Journal of Computer Vision*, 61(2):119–137, Feb 2005.
- [10] Sebastian Haner and Anders Heyden. Covariance propagation and next best view planning for 3d reconstruction. In Andrew Fitzgibbon, Svetlana Lazebnik, Pietro Perona, Yoichi Sato, and Cordelia Schmid, editors, *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pages 545–556, 2012.
- [11] Richard I. Hartley and Peter Sturm. Triangulation. *Computer Vision and Image Understanding*, 68(2):146–157, Nov. 1997.
- [12] Jared Heinly, Johannes L. Schönberger, Enrique Dunn, and Jan-Michael Frahm. Reconstructing the world in six days. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 3287–3295, June 2015.
- [13] Boris Iglewicz and David Hoaglin. Volume 16: How to detect and handle outliers. In *The ASQC Basic References in Quality Control: Statistical Techniques*. 1993.
- [14] Hae-Gon Jeon, Jaesik Park, Gyeongmin Choe, Jinsun Park, Yunsu Bok, Yu-Wing Tai, and In So Kweon. Accurate depth map estimation from a lenslet light field camera. In *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 1547–1555, 2015.
- [15] Ole Johannsen, Antonin Sulc, and Bastian Goldluecke. On linear structure from motion for light field cameras. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 720–728, 2015.
- [16] Ole Johannsen, Antonin Sulc, Nico Marniok, and Bastian Goldluecke. Layered scene reconstruction from multiple light field camera views. In *Asian Conference on Computer Vision (ACCV)*, pages 3–18, 2017.
- [17] Laurent Kneip and Paul Furgale. OpenGV: A unified and generalized approach to real-time calibrated geometric vision. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pages 1–8, May 2014.
- [18] Laurent Kneip, Paul Furgale, and Roland Siegwart. Using multi-camera systems in robotics: Efficient solutions to the NPnP problem. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 3770–3776, May 2013.
- [19] Laurent Kneip and Hongdong Li. Efficient computation of relative pose for multi-camera systems. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 446–453, 2014.
- [20] Laurent Kneip, Hongdong Li, and Yongduek Seo. UPnP: An optimal $O(n)$ solution to the absolute pose problem with universal applicability. In *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pages 127–142, 2014.

- [21] Laurent Kneip, Chris Sweeney, and Richard Hartley. The generalized relative pose and scale problem: View-graph fusion via 2D-2D registration. In *IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, pages 1–9, 2016.
- [22] Viktor Larsson, Kalle Åström, and Magnus Oskarsson. Efficient solvers for minimal problems by syzygy-based reduction. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 2383–2392, 2017.
- [23] Gim Hee Lee, Bo Li, Marc Pollefeys, and Friedrich Fraundorfer. Minimal solutions for the multi-camera pose estimation problem. *The International Journal of Robotics Research*, 34(7):837–848, 2015.
- [24] Vincent Lepetit, Francesc Moreno-Noguer, and Pascal Fua. EPnP: An accurate $O(n)$ solution to the PnP problem. *International Journal of Computer Vision*, 81(2):155–166, Jul 2008.
- [25] Marc Levoy. Light fields and computational imaging. *Computer*, 39(8):46–55, Aug. 2006.
- [26] Hongdong Li, Richard Hartley, and Jae-Hak Kim. A linear approach to motion estimation using generalized camera models. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 1–8, June 2008.
- [27] Manolis Lourakis and Xenophon Zabulis. Accurate scale factor estimation in 3D reconstruction. In *Computer Analysis of Images and Patterns (CAIP)*, pages 498–506, 2013.
- [28] Manolis I. A. Lourakis and Antonis A. Argyros. SBA: A software package for generic sparse bundle adjustment. *ACM Trans. Math. Software*, 36(1):1–30, March 2009.
- [29] David G. Lowe. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60(2):91–110, Nov 2004.
- [30] Eleonora Maset, Federica Arrigoni, and Andrea Fusiello. Practical and efficient multi-view matching. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 4578–4586, Oct 2017.
- [31] Etienne Mouragnon, Maxime Lhuillier, Michel Dhome, Fabien Dekeyser, and Patrick Sayd. Real time localization and 3D reconstruction. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, volume 1, pages 363–370, 2006.
- [32] Ren Ng, Marc Levoy, Mathieu Brédif, Gene Duval, Mark Horowitz, and Pat Hanrahan. Light field photography with a hand-held plenoptic camera. Technical Report CSTR 2005- 02, Stanford University, Apr. 2005.
- [33] David Nistér. An efficient solution to the five-point relative pose problem. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 26(6):756–777, Jun 2004.
- [34] David Nistér and Henrik Stewénus. A minimal solution to the generalised 3-point pose problem. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 27:67–79, Jan 2007.
- [35] Sotiris Nousias, Francois Chadebecq, Jonas Pichat, Pearse Keane, Sebastien Ourselin, and Christos Bergeles. Corner-based geometric calibration of multi-focus plenoptic cameras. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 957–965, 2017.
- [36] Christian Perwaß and Lennart Wietzke. Single lens 3Dcamera with extended depth-of-field. In *Proceedings of SPIE*, volume 8291, 2012.
- [37] Robert Pless. Using many cameras as one. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, volume 2, pages 587–593, 2003.
- [38] Srikumar Ramalingam, Suresh K. Lodha, and Peter Sturm. A generic structure-from-motion framework. *Comput. Vis. Image Underst.*, 103(3):218–228, Sept. 2006.
- [39] Yossi Rubner, Jan Puzicha, Carlo Tomasi, and Joachim M Buhmann. Empirical evaluation of dissimilarity measures for color and texture. *Comput. Vis. Image Underst.*, 84(1):25– 43, Oct. 2001.
- [40] Frederik Schaffalitzky and Andrew Zisserman. Multi-view matching for unordered image sets, or “How do I organize my holiday snaps?”. In *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pages 414–431, 2002.
- [41] Johannes L. Schönberger and Jan-Michael Frahm. Structure-from-motion revisited. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 4104–4113, June 2016.
- [42] Thomas Schöps, Torsten Sattler, Christian Häne, and Marc Pollefeys. Large-scale outdoor 3D reconstruction on a mobile device. *Computer Vision and Image Understanding*, 157:151–166, 2017.

- [43] Noah Snavely, Steven M. Seitz, and Richard Szeliski. Modeling the world from internet photo collections. *International Journal of Computer Vision*, 80(2):189–210, Nov 2008.
- [44] Noah Snavely, Ian Simon, Michael Goesele, Richard Szeliski, and Steven M. Seitz. Scene reconstruction and visualization from community photo collections. *Proceedings of the IEEE*, 98(8):1370–1390, Aug 2010.
- [45] Henrik Stewénus, David Nistér, Magnus Oskarsson, and Kalle Åström. Solutions to minimal generalized relative pose problems. In *Workshop On Omnidirectional Vision*, 2005.
- [46] Huixuan Tang and Kiriakos N. Kutulakos. What does an aberrated photo tell us about the lens and the scene? In *IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)*, pages 1–10, April 2013.
- [47] George Terzakis, Manolis Lourakis, and Djamel Ait-Boudaoud. Modified Rodrigues Parameters: An Efficient Representation of Orientation in 3D Vision and Graphics. *J. Math. Imaging Vis.*, 60(3):422–442, Oct 2017.
- [48] Thorsten Thormählen, Hellward Broszio, and Axel Weissenfeld. Keyframe selection for camera motion and structure estimation from multiple views. In *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pages 523–535, 2004.
- [49] Roberto Toldo, Riccardo Gherardi, Michela Farenzena, and Andrea Fusiello. Hierarchical structure-and-motion recovery from uncalibrated images. *Computer Vision and Image Understanding*, 140:127–143, Nov 2015.
- [50] Philip H. S. Torr. An assessment of information criteria for motion model selection. In *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 47–53, 1997.
- [51] Roberto Tron, Xiaowei Zhou, Carlos Esteves, and Kostas Daniilidis. Fast multi-image matching via density-based clustering. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 4077–4086, Oct 2017.
- [52] Gaochang Wu, Belen Masia, Adrian Jarabo, Yuchen Zhang, Liangyong Wang, Qionghai Dai, Tianyou Chai, and Yebin Liu. Light field image processing: An overview. *IEEE J. of Selected Topics in Signal Processing*, 11(7):926–954, Oct 2017.
- [53] Yingliang Zhang, Peihong Yu, Wei Yang, Yuanxi Ma, and Jingyi Yu. Ray space features for plenoptic structure-from-motion. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 4641–4649, Oct 2017.

Μετάφρασμα

Μετρική Δομή από Κίνηση σε μεγάλη κλίμακα για μη ταξινομημένα πεδία φωτός

Sotiris Nousias
University College London
sotiris.nousias.15@ucl.ac.uk

Manolis Lourakis
FORTH
lourakis@ics.forth.gr

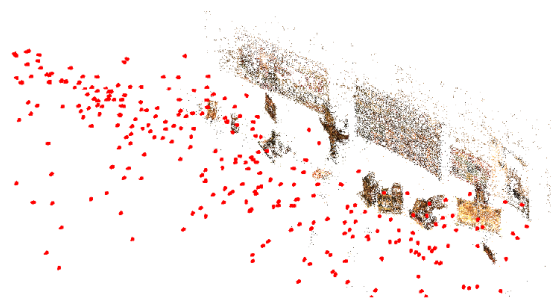
Christos Bergeles
King's College London
christos.bergeles@kcl.ac.uk

Περίληψη

Το παρόν άρθρο παρουσιάζει μία μετρική σειριακή διαδικασία Δομής από Κίνηση (*Structure from Motion*, στο εξής: *SfM*), σε μεγάλη κλίμακα, για γενικευμένες κάμερες με επικαλυπτόμενα πεδία όρασης, και τον επιδεικνύει με τη χρήση εικόνων πεδίου φωτός (*Light Field*, στο εξής: *LF*). Βασιζόμαστε στις πλέον πρόσφατες εξελίξεις αλγόριθμων σχετικά με την αποκατάσταση απόλυτου και σχετικού προσανατολισμού για γενικευμένες κάμερες και τις συνδυάζουμε με τριγωνισμό πολλαπλών όψεων σε ένα πλαίσιο που βελτιώνει με αρκετούς τρόπους τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας σχετικά με την τρισδιάστατη (στο εξής: 3D) ανακατασκευή από *LF*. Πρώτον, το πλαίσιο μας μπορεί να αποκαταστήσει την κλίμακα μιας σκηνής. Δεύτερον, ασχολείται με μη ταξινομημένα σύνολα εικόνων *LF*, καθορίζοντας σχολαστικά τη σειρά με την οποία πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι εικόνες. Τρίτον, μπορεί να φτιάξει υπό κλίμακα σύνολα δεδομένων με εκατοντάδες εικόνες *LF*. Τέλος, αποκαθιστά την 3D δομή της σκηνής, ενώ παράλληλα απορρίπτει τον τριγωνισμό πολύ μικρών γραμμών βάσης. Η προσέγγισή μας σημειώνει καλύτερα αποτελέσματα από τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας, όπως αυτό επιδεικνύεται από πειράματα με πραγματικά δεδομένα με σύνολα δεδομένων μεταβλητού μεγέθους.

1. Εισαγωγή

Η *SfM* χρησιμοποιεί ένα σύνολο δισδιάστατων (στο εξής: 2D) εικόνων, οι οποίες έχουν ληφθεί από μια κάμερα εν



Εικόνα 1. Σύννεφο σημείου και προσανατολισμοί κάμερας (επισημασμένοι με κόκκινες πυραμίδες) ανακατασκευασμένοι με την *uLF-SfM* από 303 οπτικές γωνίες μιας σκηνής εσωτερικού χώρου, απαθανατισμένες με την *Lytro Illum*.

κινήσει, για να εκτιμήσει την 3D γεωμετρία μιας σκηνής και την κίνηση της κάμερας. Η συντριπτική πλειοψηφία της σχετικής έρευνας υποθέτει ότι οι εικόνες έχουν ληφθεί με συνηθισμένες κάμερες οπής που συλλέγουν συγκλίνουσες ακτίνες φωτός. Επομένως, τα περισσότερα υπάρχοντα πλαίσια της *SfM* δεν μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα σε γενικευμένες κάμερες, δηλαδή σε κάμερες που δεν μοιράζονται ένα μοναδικό κέντρο προβολής [9, 37].

Σε αυτό το έργο, εστιάζουμε σε τεχνικές *SfM* κατάλληλες για γενικευμένες κάμερες, χωρίς κέντρο προβολής με επικαλυπτόμενα πεδία όρασης, όπως πολύ-οπτικές στέρεο διατάξεις και συστοιχίες πολλαπλών καμερών. Οι συστοιχίες πολλαπλών καμερών χρησιμοποιούνται εδώ και πολύ καιρό στην απεικόνιση πλήρους οπτικής (*plenoptic*), ή αλλιώς στην απεικόνιση *LF* [25, 52]. Σε αντίθεση με τις κάμερες οπής που ενσωματώνουν της ακτίνες φωτός που διασταυρώνουν κάθε εικονοστοιχείο από κάθε κατεύθυνση, μια εικόνα *LF* υπολογίζει το φως κατά μήκος κάθε ακτίνας που φτάνει

στον αισθητήρα απεικόνισης, αποφεύγοντας την γωνιακή ολοκλήρωση. Συνεπώς, ένα LF συλλαμβάνει ένα τετραδιάστατο μέρος της λειτουργίας πλήρους οπτικής [1] και μπορεί να υποστεί μετεπεξεργασία για να υποστηρίξει μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών [52].

Μια άλλη προσέγγιση στην απεικόνιση πλήρους οπτικής συνθέτει διαφορετικά 2Δ κομμάτια για να αποτυπώσει ένα LF μέσω μιας μοναδικής φορητής κάμερας [52]. Οι φορητές κάμερες πλήρους οπτικής συνήθως περιέχουν μια συστοιχία μικροφακών ανάμεσα στον αισθητήρα και στον βασικό φακό [32, 36]. Η χωρική διάταξη των μικροφακών επιτρέπει την απαθανάτιση της σκηνής από πολλαπλές οπτικές γωνίες κατά τη διάρκεια μιας έκθεσης, ανταλλάσσοντας βασικά την χωρική ανάλυση στον αισθητήρα της εικόνας με την γωνιακή ανάλυση. Κάθε ξεχωριστή οπτική γωνία αντιστοιχεί σε μια εικόνα υπο-ανοίγματος (sub-aperture) [52], επομένως μια ενιαία κάμερα πλήρους οπτικής μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύστημα πολλαπλών καμερών οπής με επικαλυπτόμενα πεδία όρασης. Η εικόνα υπο-ανοίγματος της οποίας το πλαίσιο συντεταγμένων συμπίπτει με αυτό της εικόνας LF θα αναφέρεται στο εξής ως κεντρική εικόνα υπο-ανοίγματος.

Αξίζει να αναφερθεί ότι παρατηρείται μια τάση να συμπεριλαμβάνεται η δυνατότητα απεικόνισης πλήρους οπτικής σε smartphones, όπως το Huawei P20 Pro που διαθέτει τρεις κάμερες στο πίσω μέρος, ή το Samsung Galaxy A9 που διαθέτει τέσσερις. Συνεπώς, έχει έρθει η στιγμή να αναπτυχθούν κατά παραγγελία σειριακές διαδικασίες SfM για συστήματα πλήρους οπτικής.

Στην Ενότητα 2 εξετάζουμε προγενέστερα σχετικά έργα. Κατόπιν, περιγράφεται η λειτουργία της σειριακής διαδικασίας μας που ονομάζεται *uLF-SfM* (unordered Light Field-Structure from Motion, δηλαδή δομή από κίνηση για μη ταξινομημένα πεδία φωτός) και εικονίζεται σχηματικά στην Εικόνα 2. Πιο συγκεκριμένα, πρώτα αναλύουμε τον τρόπο με τον οποίο καθορίζονται οι αντιστοιχίες μεταξύ των εικόνων LF (Ενότητα 3), και τον τρόπο που

επιτυγχάνεται μια αρχική ανακατασκευή (Ενότητα 4). Εν συνεχεία, εξετάζουμε τον τρόπο που εισάγονται επιπλέον εικόνες LF στην ανακατασκευή και την επεκτείνουν (Ενότητα 5). Σε όλη την έκταση της σειριακής διαδικασίας, γίνεται προσπάθεια αντιμετώπισης των ακραίων στοιχείων. Στην Ενότητα 6 εξετάζεται η αραιή προσαρμογή δέσμης για τη βελτίωση ανακατασκευής. Στην Ενότητα 7 γίνεται σύγκριση της *uLF-SfM* με τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας. Ολοκληρώνουμε με τα συμπεράσματα μας στην Ενότητα 8.

2. Σχετικά έργα

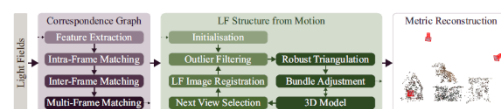
SfM για κάμερες οπής. Η συγκεκριμένη γραμμή ερευνητικών δράσεων έχει αναπτυχθεί με εντυπωσιακό τρόπο τα τελευταία χρόνια και είναι σήμερα σε θέση να ανακατασκευάσει ακριβείς θέσεις κάμερας και ρεαλιστικά μοντέλα σκηνής από μεγάλες, μη ταξινομημένες συλλογές εικόνων [12, 44], ενώ παράλληλα μπορεί να λειτουργήσει σε πραγματικό χρόνο με ταξινομημένες ακολουθίες εικόνων [8, 42]. Εφαρμογές λογισμικού υψηλής ποιότητας είναι διαθέσιμες δημοσίως [41]. Η συνήθης SfM εναλλάσσεται γενικώς μεταξύ σταδίων της εκτίμησης προσανατολισμού και του τριγωνισμού (δηλαδή, οπισθοτομία-εμπροσθοτομία), μια προσέγγιση που υιοθετούμε και εμείς στην σειριακή διαδικασία μας.

Μια φαινομενικά σαφής επιλογή για τον χειρισμό ενός συνόλου εικόνων LF είναι να θεωρηθεί κάθε μια συνιστώσα εικόνα υπο-ανοίγματος ως κοινή εικόνα και να επεξεργαστεί με παραδοσιακές τεχνικές SfM. Εντούτοις, ο χειρισμός των εικόνων υπο-ανοίγματος χωριστά δημιουργεί μεγάλα σύνολα εικόνων. Επιπλέον, παραβλέπει το γεγονός ότι τα οπτικά τους κέντρα ταξινομούνται συχνά σε ένα επίπεδο πλέγμα και ότι αυτή η ταξινόμηση παραμένει σταθερή μεταξύ των LF. Οι εικόνες υπο-ανοίγματος παρουσιάζουν επίσης ιδιομορφίες όπως μικροσκοπικές γραμμές βάσης και χαμηλή ανάλυση. Επομένως, είναι υψίστης σημασίας να σχεδιαστούν αποτελεσματικές και σταθερές σειριακές διαδικασίες SfM, ειδικά

για LF. Σημειώνουμε ότι ένα μεσαίου μεγέθους σύνολο 100 εικόνων LF που έχουν ληφθεί με κάμερα Lytro Illum περιέχει 2.5 χιλιάδες εικόνες υπο-ανοίγματος, 4.4 εκατομμύρια σημειακά χαρακτηριστικά συνολικά, και 20 χιλιάδες σύνολα θέσεων εικόνας και το καθένα να δημιουργεί ένα 3D σημείο. Οι γραμμές βάσης μια εικόνας υπο-ανοίγματος μπορεί να φτάσουν και τα 0,5 mm. Στην συνέχεια, ο όρος πλαίσιο LF υποδηλώνει μια εικόνα LF που έχει ληφθεί από μια βαθμονομημένη ενιαία κάμερα πλήρους οπτικής και μπορεί να αποσυντεθεί σε μια συλλογή εικόνων υπο-ανοίγματος.

Σειριακές διαδικασίες LF-SfM τελευταίας τεχνολογίας. Η πρώτη σειριακή διαδικασία LF-SfM αναπτύχθηκε από τους Johannsen *et al.* [15], που εισάγουν τις ταξινομημένες ακολουθίες πλαισίου LF. Εξάγουν ένα περιορισμό στο 2D γραμμικό υποχώρο στις δέσμες ακτινών που περνούν διαμέσου ενός συγκεκριμένου 3D σημείου, τον οποίο ονομάζουν περιορισμό πολλαπλότητας ακτίνας. Αυτός ο περιορισμός οδηγεί σε ένα γραμμικό σύστημα στις παραμέτρους κίνησης της κάμερας. Ο γραμμικός υποχώρος αποκαθίσταται πρώτα μέσα σε ένα LF μέσω μιας διαδικασίας που θυμίζει 3D ανακατασκευή (όπως τονίζεται και από τους Zhang *et al.* [53]). Έπειτα, οι περιορισμοί πολλαπλότητας ακτίνας συνδυάζονται για να αποκατασταθεί ο προσανατολισμός του LF με ένα αριθμητικό σχέδιο δανεισμένο από το άρθρο των Li *et al.* [26]. Εντούτοις, η πολύ μικρή γραμμή βάσης των εικόνων υπο-ανοίγματος του LF καθιστά τον τριγωνισμό ενός 3D σημείου από αυτές πρόβλημα. Η προσαρμογή δέσμης παραλήφθηκε από το άρθρο των Johannsen *et al.* [15] αλλά εισήχθη σε πιο πρόσφατα έργα [16].

Οι Zhang *et al.* παρουσίασαν πρόσφατα την *P-SfM* (Plenoptic-Structure from Motion, μια σειριακή διαδικασία για τη πλήρους οπτικής SfM, ο οποίος, μαζί με τα σημεία, χρησιμοποιεί και γραμμές και επίπεδα ως γεωμετρικά χαρακτηριστικά [53]. Μελετούν τον τρόπο που οι πολλαπλότητες ακτίνας που σχετίζονται με τέτοια γεωμετρικά χαρακτηριστικά μεταβάλλονται από αλλαγές στον



Εικόνα 2. Σχηματική αναπαράσταση της σειριακής διαδικασίας *uLF-SfM*.

προσανατολισμό και εκμεταλλεύονται αυτές τις μεταβολές για να αποκαταστήσουν τον προσανατολισμό της κάμερας LF. Η πολλαπλότητα σημείου-ακτίνας είναι πανομοιότυπη με αυτή στο άρθρο των Johannsen *et al.* [15]. Η πλήρης σειριακή διαδικασία, όμως, δεν μπορεί να αναπαραχθεί εύκολα, καθώς από την περιγραφή του στο άρθρο λείπουν σημαντικές πληροφορίες. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει εξήγηση για τον τρόπο που η πολλαπλότητα γραμμής-ακτίνας (δηλαδή ένα σύνολο ακτινών διαμέσου μιας 3D γραμμής) εξάγεται από θορυβώδεις αντιστοιχίες γραμμής, ούτε ο τρόπος που καθορίζεται η βέλτιστη κίνηση με μια μη-γεωμετρική συνάρτηση κόστους να προκύπτει από αντίστοιχους περιορισμούς πολλαπλότητας. Επιπλέον, πέρα από μια τελική βελτίωση, η *P-SfM* θεωρεί την εκτίμηση της κίνησης και της δομής ως δυο ξεχωριστά προβλήματα.

Ολοκληρώνουμε, σημειώνοντας ότι παρόλο που και το άρθρο των Johannsen *et al.* [15] και το άρθρο των Zhang *et al.* [53] διεξάγουν κοινή βελτίωση της κίνησης και της δομής που θυμίζουν προσαρμογή δέσμης, δεν εκμεταλλεύονται την αραιότητα του προβλήματος. Με άλλα λόγια, ελαχιστοποιούν το σωρευτικό σφάλμα επαναπροβολής με συνήθεις, συμπυκνωμένες, μη-γραμμικές τεχνικές βελτιστοποίησης, οι οποίες δεν φτιάχνονται σωστά υπό κλίμακα, καθώς δημιουργούν πολύ μεγάλους χρόνους εκτέλεσης ακόμα και για μερικές δεκάδες πλαίσια LF [28]. Αυτό, με τη σειρά του, οδηγεί στην αδυναμία επεξεργασίας μεγάλων συνόλων δεδομένων: ο μέγιστος αριθμός LF που χρησιμοποιούνται από τους Johannsen *et al.* [15] και από τους Zhang *et al.* [53] περιορίζονται σε 21 και 5, αντίστοιχα.

Εκτίμηση σχετικής κίνησης δυο οπτικών γωνιών. Για την εκκίνηση της SfM για γενικευμένες κάμερες όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά

με την κίνηση ή τη δομή της σκηνής, πρέπει να υπολογιστεί η σχετική κίνηση μεταξύ δυο οπτικών γωνιών. Ο Pless [37] ήταν ο πρώτος που αναφέρθηκε σε αυτό στο έργο του, όταν αντικατέστησε τις ακτίνες εικόνas με εικονοστοιχεία και παρουσίασε τον γενικευμένο επιπολικό περιορισμό για ένα ζεύγος καμερών, σταθερά προσαρτημένο σε ένα σύστημα συντεταγμένων. Ο γενικευμένος επιπολικός περιορισμός αποξυγνύει την εκτίμηση της κίνησης και της δομής της σκηνής και, σε αντίθεση με την συμβατική επιπολική γεωμετρία, επιτρέπει την μετρική 3D ανακατασκευή, καθώς η κλίμακα μπορεί να αποκατασταθεί από προηγούμενη βαθμονόμηση, η οποία προσδιορίζει την πραγματική απόσταση μεταξύ της προέλευσης δυο ακτινών προβολής, και, επομένως, την κλίμακα [27, 38]. Οι Stewenius *et al.* [45] συνδύασαν τον γενικευμένο επιπολικό περιορισμό με τις τεχνικές βάσης Gröbner για να αναπτύξουν τον αλγόριθμο 6 σημείων, ο οποίος υπολογίζει τον σχετικό προσανατολισμό μεταξύ δυο γενικευμένων καμερών από έξι αντίστοιχες ακτίνες. Ο αλγόριθμος 6 σημείων, πάρα ταύτα, δεν είναι πολύ πρακτικός, καθώς είναι υπολογιστικά δαπανηρός και πρέπει να αποσαφηνίσει μέχρι και 64 λύσεις.

Ο γενικευμένος επιπολικός περιορισμός χρησιμοποιήθηκε επίσης από τους Li *et al.* [26] για να αναπτύξουν τον αλγόριθμο 17 σημείων, μια γραμμική, μη ελάχιστη τεχνική που απαιτεί 17 αντιστοιχίες ακτινών για τον υπολογισμό του βασικού πίνακα. Οι Kneip and Li [19, 21] πρότειναν μια επαναλαμβανόμενη λύση για γενικευμένο σχετικό προσανατολισμό από τουλάχιστον 7 αντιστοιχίες. Αυτός ο αλγόριθμος βασίζεται στην ελαχιστοποίηση ιδιοτιμής και είναι ευαίσθητος στην αρχικοποίηση, καθώς έχει την τάση να παγιδεύεται στα τοπικά ελάχιστα. Οι Larsson *et al.* [22] μελετούν τους επιλυτές πολυωνύμων, που έχουν δημιουργηθεί αυτόματα, για μια ευρεία γκάμα γεωμετρικών προβλημάτων, μεταξύ των οποίων είναι και ο γενικευμένος σχετικός προσανατολισμός 6 σημείων.

Εκτίμηση απόλυτης κίνησης. Ξεκινώντας με μια ανακατασκευή από ένα σύνολο από πλαίσια, μπορούν να προστεθούν

καινούργια υπολογίζοντας τον προσανατολισμό τους, έχοντας υπόψιν τα ήδη ανακατασκευασμένα 3D σημεία. Ο υπολογισμός του προσανατολισμού μιας βαθμονομημένης γενικευμένης κάμερας από n 2D-3D αντιστοιχίες είναι γνωστός ως γενικευμένο πρόβλημα Perspective- n -Point (στο εξής: PnP). Οι επιλυτές ελαχίστων σημείων για το γενικευμένο πρόβλημα PnP απαιτούν τριάδες αντιστοιχιών μεταξύ των 3D σημείων και των πρωτογενών ακτινών των αντίστοιχων προβολών των εικόνων [18, 23, 34]. Αυτοί οι επιλυτές περιλαμβάνουν πολυώνυμα ογδούτου βαθμού που λύνονται επαναλαμβανόμενα. Αποτελεσματικοί επιλυτές προτείνονται από τους Camproseco *et al.* [4] και από τους Kneip *et al.* [20].

Συνεισφορές. Στηριζόμενοι σε αραιά σημειακά χαρακτηριστικά, το έργο μας βασίζεται σε ιδέες από την κλασσική SfM οπής και αναπτύσσει μία σειριακή διαδικασία για την αποκατάσταση της δομής και της κίνησης από μεγάλους αριθμούς πλαισίων LF.

Συγκεκριμένα:

- Προτείνουμε μια καινοτόμο μέθοδο για μεγάλης κλίμακας, μετρική και μη ταξινομημένη SfM με γενικευμένες κάμερες που έχουν επικαλυπτόμενα πεδία όρασης, και την επιδεικνύουμε με κάμερες LF. Ειδικότερα, αναπτύσσουμε τεχνικές για την αντιστοίχιση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, το φιλτράρισμα ακραίων στοιχείων και την σταθερή τριγωνοποίηση, προσαρμοσμένα στα LF.
- Επιδεικνύουμε το γεγονός ότι η μέθοδος μας σημειώνει καλύτερα αποτελέσματα από τις τωρινές εξελίξεις της τεχνολογίας, τόσο σε πλαίσια ακρίβειας όσο και σε εφικτά μεγέθη εισακτέων τιμών. Αποδεικνύουμε επίσης ότι είναι πιο αποτελεσματική για τη SfM με LF από ώριμες σειριακές διαδικασίες οπής, όπως ο COLMAP [41].
- Περιγράφουμε μια επέκταση της συνήθους, αραιής προσαρμογής δέσμης που λαμβάνει υπόψιν τα LF.

3. Κατασκευή γράφου αντιστοιχίας

Το πρώτο στάδιο της σειριακής διαδικασίας μας αφορά στη κατασκευή ενός γράφου αντιστοιχίας και αποτελείται από τέσσερα στάδια. Ξεκινάει με την ανίχνευση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και την εξαγωγή περιγραφέντων και συνεχίζει με το ενδοπλαισιακό ταίριασμα, το οποίο αναγνωρίζει σύνολα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που σχετίζονται με το ίδιο 3Δ σημείο μέσα σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο LF. Αυτά τα σύνολα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων ταιριάζονται έπειτα ανάμεσα σε διαφορετικά ζεύγη από πλαίσια LF και αποδίδουν διαπλαισιακά ταιριάσματα κατά ζεύγη. Τέλος, τα ταιριάσματα κατά ζεύγη μετατρέπονται σε σύνολα θέσεων από πολλαπλές εικόνες στο στάδιο ταιριάσματος πολλών πλαισίων. Για το υπόλοιπο μέρος αυτής της ενότητας, υποθέτουμε ότι οι μεμονωμένες εικόνες υπο-ανοίγματος έχουν εξαχθεί μέσω μιας διαδικασίας βαθμονόμησης, π.χ. [3, 6, 35].

3.1. Εξαγωγή χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και ενδοπλαισιακό ταίριασμα.

Για κάθε πλαίσιο LF, αυτό το στάδιο αναγνωρίζει σύνολα από χαρακτηριστικά γνωρίσματα, τα οποία υποθετικά είναι προβολές των ίδιων 3Δ σημείων στις εικόνες υπο-ανοίγματος μέσα στο πλαίσιο. Για αυτό το σκοπό, για κάθε εικόνα υπο-ανοίγματος, εντοπίζονται αραιά σημειακά χαρακτηριστικά χρησιμοποιώντας μέτρηση γωνιότητας στο χώρο διαφορών γκαουσιανών [29], και υπολογίζονται οι ρίζες των περιγραφέντων SIFT [2]. Χρησιμοποιώντας το σύνθηδες κριτήριο λόγου αποστάσεων [29], οι ρίζες των περιγραφέντων SIFT από την κεντρική εικόνα υπο-ανοίγματος ταιριάζονται στη συνέχεια με τις ρίζες των περιγραφέντων SIFT κάθε άλλης εικόνας υπο-ανοίγματος. Η σύγκριση των ριζών των περιγραφέντων SIFT με την Ευκλείδεια απόσταση ισοδυναμεί με τη σύγκριση των αρχικών ριζών των περιγραφέντων SIFT με την απόσταση Hellinger, το οποίο είναι πιο αποτελεσματικό για τη σύγκριση

ιστογραμμάτων [39]. Τα σύνολα από ταιριαστά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που εμφανίζονται σε λιγότερες από ένα ελάχιστο αριθμό εικόνων υπο-ανοίγματος (4 στην υλοποίηση μας) απορρίπτονται. Επιπλέον, για να περικοπούν μη ταιριαστά χαρακτηριστικά γνωρίσματα μεταξύ των εικόνων υπο-ανοίγματος, διεξάγουμε ένα φιλτράρισμα, το οποίο βασίζεται στην παρατήρηση, ότι, για ταιριαστά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, η απόκλιση των εικονοστοιχείων στις συντεταγμένες και των δύο εικόνων είναι μικρή. Συνεπώς, χρησιμοποιώντας την διάμεσο και τη μέθοδο μέσης απόλυτης απόκλισης ως σταθερούς εκτιμητές της θέσης και της κλίμακας, υπολογίζουμε το τροποποιημένο αποτέλεσμα Z [13] για κάθε συντεταγμένη της εικόνας των υποθετικών ενδοπλαισιακών ταιριασμάτων. Έπειτα, τα ταιριάσματα με απόλυτο αποτέλεσμα Z σε κάθε συντεταγμένη μεγαλύτερο του σημείου αποκοπής (ρυθμισμένο στο 3.0) απορρίπτονται ως λανθασμένα.

3.2. Διαπλαισιακή αντιστοίχιση

Η διαπλαισιακή αντιστοίχιση παρέχει σύνολα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που ταιριάζουν μεταξύ ζευγών από πλαίσια LF. Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, αυτό το στάδιο χρησιμοποιεί μόνο τους περιγραφείς από τις κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος. Το κριτήριο λόγου [29] σε συνδυασμό με τον έλεγχο συνεκτικότητας από αριστερή σε δεξιά (εικόνα) και ανάποδα χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό ταιριασμάτων κατά ζεύγη που χρησιμοποιούν τους περιγραφείς των κεντρικών εικόνων υπο-ανοίγματος σε όλα τα πλαίσια LF. Επειδή είναι αναμενόμενο αυτοί οι περιγραφείς να είναι λιγότερο παρόμοιοι σε διαφορετικές οπτικές γωνίες του LF, η διαπλαισιακή αντιστοίχιση εφαρμόζει το κριτήριο λόγου με πιο χαλαρό κατώτατο όριο, σε σύγκριση με αυτό του ενδοπλαισιακού ταιριάσματος. Για να αντισταθμιστούν τα μη ταιριάσματα, εφαρμόζουμε ένα βασικό πίνακα που χρησιμοποιεί αλγόριθμο 5 σημείων [33] μέσα σε ένα πλαίσιο του αλγόριθμου

RANSAC [7] και απορρίπτουμε τα ακραία στοιχεία.

Αναγνωρίζοντας ότι ο σταθερός 3D τριγωνισμός απαιτεί επαρκή παράλλαξη που προκαλείται από το στοιχείο μετατόπισης της σχετικής κίνησης μεταξύ των εμπλεκόμενων οπτικών γωνιών, επιθυμούμε να αποφύγουμε τον τριγωνισμό με πλαίσια LF που σχετίζονται με ομογραφία. Επομένως, ταιριάζουμε επίσης μια ομογραφία στα ταιριάσματα κάθε κεντρικού ζεύγους εικόνων υπο-ανοίγματος και χρησιμοποιούμε το κριτήριο αξιολόγησης γεωμετρικής πληροφορίας Torr [50] για να αποφασίσουμε το πιο πιθανό μοντέλο (δηλαδή, βασικό πίνακα ή ομογραφία. Το κριτήριο αξιολόγησης γεωμετρικής πληροφορίας χρησιμοποιείται στην διαδοχική SfM, για να εντοπίσει και να αποφύγει ομογραφίες κατά την επιλογή του βασικού πλαισίου [48]. Στην περίπτωση μας, τα ζεύγη πλαισίων που περιγράφονται καλύτερα με ένα βασικό πίνακα ονομάζονται γεωμετρικά επικυρωμένα και χρησιμοποιούνται για την διεξαγωγή τριγωνισμού σε επόμενα στάδια της σειριακής διαδικασίας μας. Για παράδειγμα, λαμβάνουμε υπόψιν μόνο τα γεωμετρικά επικυρωμένα ζεύγη για την αρχικοποίηση της SfM (πρβ. Ενότητα 4.1) και αποφεύγουμε τον τριγωνισμό προσφάτως καθιερωμένων ταιριασμάτων μεταξύ ζευγών που δεν έχουν επικυρωθεί (πρβ. Ενότητα 5).

Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα από τις κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος συμμετέχουν στα ενδοπλαισιακά ταιριάσματα που έχουν εξαχθεί όπως περιγράφεται στην Ενότητα 3.1. Συνεπώς, το ταιρίασμα των κεντρικών περιγραφών επιτρέπει την σύνδεση των ενδο- και διαπλαισιακών χαρακτηριστικών. Η επέκταση των ταιριασμάτων κατά ζεύγη σε αυτά από πολλά πλαίσια αναλύεται παρακάτω.

3.3 Καθιέρωση ταιριασμάτων από πολλά πλαίσια

Αυτό το στάδιο αναγνωρίζει λίστες από ταιριάσματα για τα ίδια τρισδιάστατα σημεία σε πολλαπλά πλαίσια δομής από κίνηση.

Για να αποκτήσουμε ταιριάσματα χαρακτηριστικών από πολλαπλά πλαίσια από τα ταιριάσματα κατά ζεύγη, όπως αναλύσαμε στην Ενότητα 3.2, κατασκευάζουμε ένα μη κατευθυνόμενο γράφο που έχει μια κορυφή για κάθε ταιριασμένο χαρακτηριστικό γνώρισμα από τις κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος και μια άκρη μεταξύ των κορυφών κάθε ταιριάσματος κατά ζεύγη. Εξαιτίας του πολύ μεγάλου αριθμού χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, αυτός ο γράφος έχει πολύ μεγάλο πίνακα σύνδεσης που δεν μπορεί να ταιριάξει άμεσα στη μνήμη. Εντούτοις, είναι πολύ αραιό και μπορεί ως εκ τούτου να εκφραστεί οικονομικά χρησιμοποιώντας τη μορφή αποθήκευσης της δομής συμπιεσμένων αραιών γραμμών που υποστηρίζει την αποτελεσματική τυχαία πρόσβαση. Τα σύνολα θέσεων εικόνας, δηλαδή ταιριάσματα σε πολλαπλά πλαίσια LF, αντιστοιχούν σε συνδεδεμένα στοιχεία του γράφου. Αυτά μπορούν να καθοριστούν σε χρόνο γραμμικά προς τον αριθμό των κορυφών και των ακρών του γράφου με την επαναλαμβανόμενη διεξαγωγή αναζήτησης κατά πλάτος, έως ότου έχουν επισκεφθεί όλες οι κορυφές του γράφου. Η αναζήτηση κατά πλάτος προτιμάται έναντι του υπολογισμού μεταβατικότητας με τον αλγόριθμο Floyd-Warshall, καθώς ο τελευταίος έχει κυβική πολυπλοκότητα στον αριθμό των κορυφών [5].

Τα ταιριάσματα από πολλαπλά πλαίσια θα μπορούσαν να καθοριστούν στη θεωρία με το πρόσφατο έργο των Tron et al. [51], οι οποίοι δημιουργούν συσταδοποίηση βάσει πυκνότητας για να καθορίσουν τα ταιριάσματα από πολλές εικόνες από τις επικρατούσες τιμές μιας μη παραμετρικής συνάρτησης πυκνότητας υπολογισμένες στο χώρο χαρακτηριστικών. Εντούτοις, το έργο των Tron et al. [51] δεν φτιάχνεται σωστά υπό κλίμακα στα χιλιάδες ταιριάσματα που προκύπτουν από ένα σύνολο ακόμα και των 100 πλαισίων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήσαμε την

υλοποίηση του συγγραφέα¹ για να διεξάγουμε τη διαδικασία μεταβατικότητας μεταξύ των ταιριασμάτων χαρακτηριστικών κατά ζεύγη των κεντρικών εικόνων υπο-ανοίγματος. Παρόλο που ο αλγόριθμος σύγκλινε γρήγορα για μικρά σύνολα, π.χ. μέχρι 20 πλαίσια, η ποσότητα μνήμης που χρειαζόταν για 100 πλαίσια ξεπερνούσε την ήδη διαθέσιμη, κάνοντας τον αλγόριθμο να εγκαταλείψει πρόωρα. Πράγματι, οι συγγραφείς υποστηρίζουν στο έργο των Tron et al. [51] ότι ο αλγόριθμος τους μπορεί να διαχειριστεί περίπου 20 χιλιάδες χαρακτηριστικά γνωρίσματα, αλλά αυτό είναι μόλις ένα μέρος του αριθμού των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που αποκτώνται από ένα σύνολο ακόμα και των 50 πλαισίων. Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι το άρθρο των Maset et al. [30], που χρησιμοποιεί τις φασματικές ιδιότητες των μεταθέσεων μητρώων των ταιριασμάτων κατά ζεύγη. Παρόλο που το άρθρο των Maset et al. [30] φτιάχνει υπό κλίμακα εκατοντάδες εικόνες, απαιτεί προηγούμενη γνώση του αριθμού των προβλεπόμενων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Επιπλέον, ο χρόνος λειτουργίας του εξαρτάται από το μέγεθος του κόσμου των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, απαιτώντας μερικά λεπτά για περίπου 50 εικόνες [30]. Συγκριτικά, η προσέγγιση μας είναι πιο πρακτική και πιο γρήγορη, καθώς ολοκληρώνει, π.χ., σε μόλις 40 δευτερόλεπτα 100 εικόνες με 250 χιλιάδες χαρακτηριστικά γνωρίσματα.

4. Αρχικοποίηση δομής και κίνησης

Έχοντας ως δεδομένο τον γράφο αντιστοιχίας από την προηγούμενη ενότητα, η ανακατασκευή ξεκινάει με την επιλογή ενός γεωμετρικά επικυρωμένου ζεύγους πλαισίων, και προχωράει στην εκτίμηση σχετικού προσανατολισμού και στον σταθερό τριγωνισμό χρησιμοποιώντας ταιριαστά χαρακτηριστικά γνωρίσματα.

4.1 Επιλογή αρχικού ζεύγους

Όπως αναφέρθηκε και στο άρθρο των Schaffalitzky και Zisserman [40], στο άρθρο των Schönberger και Frahm [41] και στο άρθρο των Toldo et al. [49], η αρχικοποίηση είναι καθοριστικής σημασίας στη μη ταξινομημένη SfM, καθώς μπορεί να μην αποκατασταθεί ποτέ από μια λάθος επιλογή αρχικού ζεύγους. Παρατηρήσαμε εμπειρικά ότι η κλίμακα της σκηνής δεν εκτιμάται με ακρίβεια χρησιμοποιώντας μόνο ομοεπίπεδες αντιστοιχίες. Επομένως, υποψήφιοι για το αρχικό ζεύγος είναι τα γεωμετρικά επικυρωμένα ζεύγη που έχουν αποκτηθεί χρησιμοποιώντας το κριτήριο αξιολόγησης γεωμετρικής πληροφορίας [50] (βλ. Ενότητα 3.2). επιλέγουμε το ζεύγος με τον μέγιστο αριθμό ταιριασμάτων κατά ζεύγη, και τα ταιριάζουμε με ένα γενικευμένο βασικό πίνακα χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο 17 σημείων με τον αλγόριθμο RANSAC. Ζεύγη, για τα οποία είτε το ποσοστό δεδομένων εντός παραμέτρων (inlier) είναι μικρότερο από ένα καθορισμένο κατώτατο όριο, είτε ο αλγόριθμος RANSAC ξεπερνάει ένα μέγιστο αριθμό των 200 επαναλήψεων, απορρίπτονται, και αξιολογείται το αμέσως καλύτερο υποψήφιο αρχικό ζεύγος. Επειδή αυτό το στάδιο είναι καθοριστικής σημασίας για την αποκατάσταση κλίμακας, χρησιμοποιούμε έναν υψηλό λόγο δεδομένων εντός παραμέτρων με κατώτατο όριο 0.7. Έχοντας επιλέξει ένα υποψήφιο αρχικό ζεύγος του πλαισίου LF, οι επόμενες υποενότητες περιγράφουν το τρόπο ακριβούς εκτίμησης του σχετικού προσανατολισμού χρησιμοποιώντας αντιστοιχίες ακτίνα-προς-ακτίνα και αφαίρεσης ακραίων στοιχείων.

4.2. Από χαρακτηριστικά γνωρίσματα LF σε χωρικές ακτίνες

Κάθε μια από τις διαπλαισιακές αντιστοιχίες κατά ζεύγη που αποκτήθηκε στην Ενότητα 3.2 αποτελείται από σύνολα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων μεταξύ δύο LF. Χρησιμοποιώντας διεπίπεδη

¹<https://bitbucket.org/tronroberto/quickshiftmatching>

παραμετροποίηση [25], κάθε $\chi \in \mathbb{R}^2$ ηριστικό γνώρισμα ορίζεται από μια τετράδα συντεταγμένων (u, v, s, t) , όπου (u, v) κωδικοποιούν την θέσ $\in \mathbb{Z}^2$ των εικονοστοιχείων στην εικόνα υπο-ανοίγματος, με κέντρο στο (s, t) στο πλέγμα της κάμερας LF. Οι τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας στις τεχνικές βαθμονόμησης κάμερας LF [3, 35] παρέχουν τον πίνακα βαθμονόμησης K για κάθε εικόνα υπο-ανοίγματος, η οποία είναι ίδια για όλες τις εικόνες υπο-ανοίγματος μιας κάμερας LF φτιαγμένη από συστοιχία μικροφακών, και αντιστοιχίζουν τις $s - t$ συντεταγμένες σε κέντρα εικόνων υπο-ανοίγματος σε μετρικές συντεταγμένες. Συνεπώς, ένα εικονοστοιχείο σε μια εικόνα υπο-ανοίγματος μπορεί να αντιστοιχιστεί άμεσα σε μια χωρική ακτίνα με κατεύθυνση $d = K^{-1} [u \ v \ 1]^T$.

Κάθε διαπλαισιακό χαρακτηριστικό μπορεί να μετατραπεί σε ταιριαστές ακτίνες, το οποίο προκαλεί ένα περιορισμό που βασίζεται στον γενικευμένο επιπολικό περιορισμό [37]. Υποθέτοντας ότι υπάρχουν N διαπλαισιακές αντιστοιχίες, κάθε μία από τις οποίες περιέχει l_i ενδοπλαισιακά χαρακτηριστικά από το πρώτο LF και m_i από το δεύτερο, $i = 1 \dots N$, αποκτάμε ένα σύνολο $\sum_{i=1}^N l_i m_i$ ταιριαστών ακτινών. Αυτές είναι οι εισακτές τιμές στον αλγόριθμο 17 σημείων που αναλύουμε παρακάτω.

4.3. Επιλογή αλγόριθμου σχετικού προσανατολισμού

Αφού επιλέξουμε το αρχικό ζεύγος πλαισίων, υπολογίζουμε τον σχετικό προσανατολισμό τους. Για να καθορίσουμε την πιο ταιριαστή προσέγγιση, συγκρίναμε σε προσομοίωση αρκετούς αλγόριθμους για τον υπολογισμό του σχετικού προσανατολισμού των γενικευμένων καμερών: τον αλγόριθμο 17 σημείων [26], τον αλγόριθμο 17 σημείων με τον αλγόριθμο RANSAC, τον αλγόριθμο 17 σημείων με τον αλγόριθμο RANSAC ακολουθούμενο από μη-γραμμική

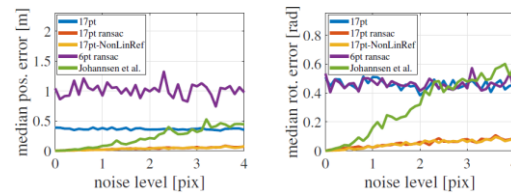
βελτίωση, τον αλγόριθμο 6 σημείων με τον αλγόριθμο RANSAC [45] και τον αλγόριθμο των Johannsen et al. [15] (που χρησιμοποιεί επίσης τον αλγόριθμο RANSAC). Προσομοιώσαμε μια ρεαλιστική κάμερα LF, παρόμοια με την Lytro Illum, με 5×5 οπτικά πεδία υπο-ανοίγματος, γραμμή βάσης 0.5 mm μεταξύ γειτονικών καμερών στο πλέγμα και εστιακό μήκος 600 εικονοστοιχείων. Για κάθε επίπεδο θορύβου, διεξήγαμε 200 τεστ, κάθε ένα από τα οποία αποτελείται από 30 τυχαία επιλεγμένα 3D σημεία που έχουν απόσταση μεταξύ 0.5m και 8m στην αρχή των αξόνων, έχοντας ως αποτέλεσμα $25 \times 25 \times 30 = 18750$ αντιστοιχίες ακτίνας. Η πρώτη κάμερα LF βρίσκεται στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων και ευθυγραμμίζεται με τους άξονες, ενώ η δεύτερη επιλέγεται με μια τυχαία μετατόπιση στον κύβο $[-2, 2]^3$ και μια τυχαία περιστροφή από $[-0.5, 0.5]$ Rad για κάθε άξονα. Για να αξιολογήσουμε τους αλγόριθμους σε ένα απαιτητικό σενάριο, τα μισά από τα 3D σημεία επιλέχθηκαν ώστε η απόκλιση τους στις γειτονικές εικόνες υπο-ανοίγματος να είναι λιγότερο από 0.1 εικονοστοιχεία. Αυτά τα σημεία βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από 3m από την αρχή των αξόνων. Το ποσοστό των ακραίων στοιχείων ήταν 20%. Όσον αφορά στην υλοποίηση, χρησιμοποιήσαμε τον κωδικό που παρείχε η ιστοσελίδα του συγγραφέα² για το άρθρο των Johannsen et al. [15], ενώ για τους υπόλοιπους αλγόριθμους βασιστήκαμε στο OpenGV (Πρόκειται για μια συλλογή μεθόδων μηχανικής όρασης για την επίλυση προβλημάτων γεωμετρικής όρασης) [17]. Η Εικόνα 3 συνοψίζει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τη διάμεσο των σφαλμάτων της μετατόπισης και της περιστροφής σχετικού προσανατολισμού για όλους τους αλγόριθμους: σημειώνουμε ότι το σφάλμα μετατόπισης στον αριστερό γράφο είναι απόλυτο. Από τη μια πλευρά, είναι προφανές ότι ο αλγόριθμος 17 σημείων με τον αλγόριθμο RANSAC είναι και ο πιο ακριβής. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι η

² <https://www.cvia.uni-konstanz.de/code-and-datasets>

εκτίμηση της μετατόπισης είναι ακριβής για έως και δύο εικονοστοιχεία θόρυβο. Από την άλλη πλευρά, ο αλγόριθμος 17 σημείων των Johannsen et al. [15] οδηγεί σε μεγαλύτερα σφάλματα, όταν εφαρμόζεται σε 3D σημεία με μικρές αποκλίσεις. Συνεπώς, επιλέγουμε τον αλγόριθμο 17 σημείων για την σειριακή διαδικασία μας, ακολουθούμενο από ένα στάδιο βελτίωσης για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος επαναπροβολής ακτίνας των δεδομένων εντός παραμέτρων 17 σημείων.

4.4. Φιλτράρισμα ακραίων στοιχείων

Η επίδραση των ακραίων στοιχείων στην SfM είναι επιζήμια, συνεπώς, η επιτυχής αφαίρεση τους είναι υψίστης σημασίας. Σε αντίθεση με τις κάμερες κεντρικής προβολής όπου κάθε ζεύγος αντιστοιχιών περιέχει μοναδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα σε κάθε εικόνα, στα πλαίσια LF, ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό γνώρισμα μπορεί να περιέχεται σε πολλαπλά ζεύγη αντίστοιχων ακτινών, εξαιτίας της κατασκευής αντιστοιχιών ακτίνας όπως περιγράφεται στην Ενότητα 4.2. Ένα ακραίο στοιχείο σε ένα σύνολο ταιριασμάτων ενδοπλαισιακών χαρακτηριστικών σε ένα πλαίσιο LF θα έχει ως αποτέλεσμα ένα σύνολο έκτροπων τιμών στις αντιστοιχίες ακτίνας. Συνεπώς, αφαιρώντας απλώς χαρακτηριστικά γνωρίσματα από το σύνολο ακραίων στοιχείων μπορεί να έχουμε ως αποτέλεσμα την αφαίρεση σωστών ταιριασμάτων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων μαζί με τα αταίριαστα, οδηγώντας σε ένα πιο αραιό σύννεφο σημείου. Για να το αποφύγουμε αυτό, αφαιρούμε ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα μόνο εάν χαρακτηρίζεται ως ένα ακραίο στοιχείο 17 σημείων αλγόριθμου RANSAC παραπάνω από ένα συγκεκριμένο αριθμό φορών (4 στην υλοποίηση μας). Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του άλλου πλαισίου LF. Αν αφαιρεθούν όλα τα ενδοπλαισιακά χαρακτηριστικά σε κάθε ένα από τα δύο LF, η διαπλαισιακή αντιστοιχία απαλείφεται τελείως.



Εικόνα 3. Σύγκριση των αλγορίθμων εκτίμησης του σχετικού προσανατολισμού για γενικευμένες κάμερες με επικαλυπτόμενα πεδία όρασης.

4.5. Σταθερή τριγωνοποίηση

Η τριγωνοποίηση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας όλα τα ταιριασμένα ενδοπλαισιακά χαρακτηριστικά μεταξύ ενός ζεύγους πλαισίων LF. Για ένα συγκεκριμένο 3D σημείο που παρατηρείται σε δύο πλαίσια LF από M και N εικόνες υπο-ανοίγματος, η εισακτέα τιμή είναι ένα σύνολο από $M + N$ προβολικούς πίνακες της κάμερας, κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχεί σε μία από τις εικόνες υπο-ανοίγματος, και σε ένα σύνολο από $M + N$ προβολές εικόνων υπο-ανοίγματος. Παρόλο που έχουμε αφαιρέσει τα περισσότερα αταίριαστα χαρακτηριστικά γνωρίσματα χρησιμοποιώντας είτε διαβάθμιση κατωτέρων ορίων στις συντεταγμένες της εικόνας είτε μέσω του αλγόριθμου RANSAC για την εκτίμηση του προσανατολισμού (Ενότητες 3.1, 4.4), κάποια μπορεί να υπάρχουν ακόμα. Για να διασφαλίσουμε ότι δεν θα υπάρχουν λανθασμένα ταιριάσματα, αλλά και ασταθείς ρυθμίσεις θέασης υπο-ανοίγματος, πραγματοποιούμε σταθερή τριγωνοποίηση όπως ακολουθεί παρακάτω.

Αν $M + N \leq 16$, εξετάζουμε όλα τα πιθανά ζευγάρια καμερών, αλλιώς επιλέγουμε τυχαία $7(M + N)$ ζευγάρια. Για κάθε ζευγάρι καμερών που εξετάζουμε, πραγματοποιούμε τριγωνισμό με τη μέθοδο μέσου σημείου [11]. Αυτό καθορίζει ένα τριγωνισμένο 3D σημείο ως το μέσο σημείο του μικρότερου τμήματος γραμμής (δηλαδή, τη κοινή κάθετο) μεταξύ δύο, πιθανά λοξών, ακτινών πίσω-προβολής. Λαμβάνουμε υπόψιν μόνο ζεύγη ακτινών, των οποίων η κοινή κάθετος (δηλαδή, η απόσταση) είναι μικρότερη από ένα μέρος της γραμμής βάσης του ζεύγους

(ρυθμισμένο στο 5%), και η γωνία τριγωνισμού (ορισμένη με τη βοήθεια του μέσου σημείου) είναι επίσης πάνω από ένα κατώτατο όριο (ρυθμισμένο στο 5°). Αυτοί οι έλεγχοι αποτρέπουν τον τριγωνισμό με πολύ μικρές γραμμές βάσεις (π.χ. εικόνες υπο-ανοίγματος του ίδιου πλαισίου LF) ή σχεδόν παράλληλες ακτίνες τριγωνισμού (π.χ. κατεύθυνση προς τα εμπρός).

Ο τριγωνισμός μέσου σημείου προτιμήθηκε έναντι της μεθόδου απευθείας γραμμικού μετασχηματισμού [11], διότι είναι πιο αποτελεσματικός υπολογιστικά και προσφέρεται για έναν ενστικτώδη, γεωμετρικώς σημαντικό έλεγχο για να εκτιμηθεί αν ο τριγωνισμός κατά ζεύγη είναι σωστά προσαρμοσμένος. Διατηρούμε το 3Δ σημείο που αντιστοιχεί στην κοινή κάθετο με το μικρότερο μήκος και το χρησιμοποιούμε για να αναγνωρίσουμε τα ακραία στοιχεία μέσω της προβολής τους σε κάθε εικόνα υπο-ανοίγματος, υπολογίζοντας το σφάλμα επαναπροβολής και αφαιρώντας προβολές, των οποίων το σφάλμα ξεπερνάει ένα κατώτατο όριο, καθορισμένο με τον κανόνα απόρριψης X84 [49]. Τέλος, το τριγωνισμένο 3Δ σημείο βελτιώνεται χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Levenberg-Marquardt, ώστε να ελαχιστοποιηθεί μη γραμμικά το σωρευτικό σφάλμα επαναπροβολής επί των εσωτερικών εικόνων υπο-ανοίγματος. Ως επιπλέον μέτρο ασφάλειας, κρατάμε μόνο τα σημεία, των οποίων η μέση τιμή του σφάλματος επαναπροβολής είναι μικρότερη από 1 εικονοστοιχείο.

5. Επέκταση της ανακατασκευής

Η αρχική ανακατασκευή επεκτείνεται για να συμπεριληφθούν περισσότερα πλαίσια LF και 3Δ σημεία επιλέγοντας πρώτα το επόμενο πλαίσιο LF που θα καταχωρηθεί. Έπειτα, το καινούργιο πλαίσιο καταχωρείται, τα σημεία εκτιμώνται μέσω τριγωνισμού και οι τροχιές επικυρώνονται. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου καταχωρηθούν όλα τα πλαίσια.

5.1. Επιλογή επόμενου καλύτερου οπτικού πεδίου

Η επιλογή ποιου πλαισίου θα καταχωρηθεί στη συνέχεια είναι κρίσιμη, καθώς επηρεάζει την ακρίβεια τόσο της εκτίμησης του προσανατολισμού όσο και του τριγωνισμού. Η ανακριβής εκτίμηση του προσανατολισμού μπορεί να οδηγήσει σε ψευδείς 3Δ θέσεις και να προκαλέσει την αποτυχία της ανακατασκευής. Μια δημοφιλής στρατηγική είναι να επιλεχθεί απλώς η εικόνα που απανθάνιζει το μεγαλύτερο μέρος της σκηνής [43]. Συνήθως, αυτή είναι επίσης το σημείο σύγκλισης των αλγόριθμων μετάδοσης συνδιακύμανσης για την οργάνωση του οπτικού πεδίου [10]. Οι Lepetit *et al.* [24] έδειξαν πειραματικά ότι η ακρίβεια των απόλυτων επιλυτών επηρεάζεται τόσο από τον αριθμό των σημείων όσο και από την χωρική διανομή τους στην εικόνα.

Ο Schönberger [41] πρότεινε μια προσέγγιση πολλαπλών κλιμάκων, όπου μια εικόνα χωρίζεται σε στήλες (bins) για κάθε κλίμακα. Το επόμενο σύνολο υποψηφίων οπτικού πεδίου αποτελείται από εικόνες που βλέπουν ήδη τουλάχιστον ένα προκαθορισμένο αριθμό σημείων. Για κάθε κλίμακα, ο αριθμός των στηλών στα οποία είναι ορατό ένα σημείο, συμβάλλει στο σκορ της εικόνας. Η εικόνα με το υψηλότερο σκορ επιλέγεται ως το καινούργιο πλαίσιο προς καταχώριση. Κατ' αυτό το τρόπο, οι εικόνες με καλύτερα χωρικά διανεμημένες 3Δ-2Δ αντιστοιχίες θα έχουν υψηλότερα σκορ και θα καταχωρηθούν πρώτες. Αυτή η προσέγγιση είναι πρακτική, εύκολη στην εφαρμογή και λιγότερο δαπανηρή υπολογιστικά απ' ό,τι η μετάδοση συνδιακύμανσης.

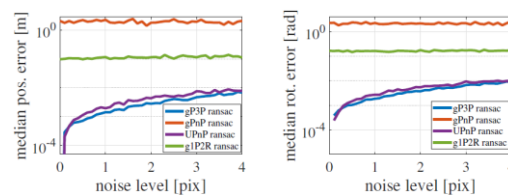
Λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι εικόνες υπο-ανοίγματος σε ένα πλαίσιο LF έχουν μεγάλη επικάλυψη πεδίων οράσεως, είναι πιο αποτελεσματικό υπολογιστικά να χρησιμοποιήσουμε μόνο την κεντρική εικόνα υπο-ανοίγματος για την επιλογή του επόμενου οπτικού πεδίου. Επομένως, η *uLF-SfM* χρησιμοποιεί την επιλογή οπτικού πεδίου του άρθρου των Schönberger και

Frahm [41] εφαρμοσμένη στις κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος.

5.2. Καταχώριση πλαισίου LF

Έχοντας μια αρχική ανακατασκευή, καινούργια πλαίσια LF μπορούν να καταχωρηθούν σε αυτό λύνοντας το γενικευμένο πρόβλημα PnP και καθορίζοντας τον απόλυτο προσανατολισμό τους. Η εισακτέα τιμή στο γενικευμένο πρόβλημα PnP είναι ένα σύνολο 3D σημείων μαζί με τα αντίστοιχα τους χαρακτηριστικά γνωρίσματα LF. Αντί για μία-προς-μία αντιστοιχίες μεταξύ ανακατασκευασμένων 3D σημείων και χωρικών ακτινών, αποκτούμε N αντιστοιχίες σημείου-ακτίνας, όπου N είναι ο συνολικός αριθμός ταιριασμάτων ενδοπλαισιακών χαρακτηριστικών στο συγκεκριμένο 3D σημείο. Χρησιμοποιώντας ένα σενάριο προσομοίωσης παρόμοιο με εκείνο στην Ενότητα 4.3, χρησιμοποιήσαμε συνθετικά δεδομένα για να συγκρίνουμε την επίδοση αρκετών αλγορίθμων εκτίμησης απόλυτου προσανατολισμού για γενικευμένες κάμερες. Πιο συγκεκριμένα, συγκρίναμε τους παρακάτω επιλυτές ενσωματωμένους στον αλγόριθμο RANSAC: τον επιλυτή ελαχίστων σημείων $gP3P$ (generalised Perspective-3 Points) [18], $gPnP$ (generalised Perspective-n-Point problem) [18] που είναι ένας n -σημείο επιλυτής επεκτείνοντας το $EPnP$ (efficient Perspective-n-Point) [24] στη περίπτωση καμερών μη κεντρικής προβολής, το $g1P2R$ (generalised 1 Point-2 Rays) [4] που χρησιμοποιεί μία αντιστοιχία σημείο προς σημείο και δύο αντιστοιχίες σημείο προς ακτίνα, και τον αλγόριθμο $UPnP$ (Unified Perspective-n-Point) του Kneip et al. [20]. Χρησιμοποιήσαμε την υλοποίηση³ του συγγραφέα για το $g1P2R$ και το OpenGV [17] για τα υπόλοιπα.

Η Εικόνα 4 απεικονίζει την επίδοση των αλγορίθμων αναφορικά με τα σφάλματα της μετατόπισης και της περιστροφής διαμέσου απόλυτου προσανατολισμού. Σημειώνουμε ότι το $g1P2R$ δεν αποδίδει



Εικόνα 4. Σύγκριση των αλγορίθμων εκτίμησης του απόλυτου προσανατολισμού. Παρατηρείστε τη λογαριθμική κλίμακα στους κάθετους άξονες.

σωστά διότι απαιτεί τον τοπικό τριγωνισμό ενός σημείου, κάτι που στην περίπτωση ενός πλαισίου LF είναι ανακριβές, καθώς πραγματοποιείται με μια μικρή γραμμή βάσης. Το $gP3P$ σημειώνει καλύτερα αποτελέσματα από όλους τους άλλους αλγόριθμους, επομένως, χρησιμοποιείται με τον αλγόριθμο RANSAC στη uLF -SfM για να εκτιμήσει τον προσανατολισμό του LF προς καταχώριση. Αν το μέρος των δεδομένων εντός παραμέτρων είναι μικρότερο από 3.0, το πλαίσιο δεν καταχωρείται και επανεξετάζεται αργότερα. Ειδάλλως, ο προσανατολισμός που αποκτήθηκε από τον αλγόριθμο RANSAC βελτιώνεται περαιτέρω χρησιμοποιώντας μη-γραμμική ελαχιστοποίηση του σφάλματος επαναπροβολής ακτίνας που σχετίζεται με τα δεδομένα εντός παραμέτρων [17]. Τα ενδοπλαισιακά χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν στα ακραία στοιχεία του αλγόριθμου RANSAC αφαιρούνται από τον γράφο αντιστοιχίας, όπως εξηγούμε στην Ενότητα 4.4.

5.3 Αυξανόμενη χαρτογράφηση

Όταν έχει καταχωρηθεί ένα καινούργιο πλαίσιο, πραγματοποιούμε σταθερό τριγωνισμό, όπως στην Ενότητα 4.5. Ο τριγωνισμός συμπεριλαμβάνει μόνο γεωμετρικά επικυρωμένα ζεύγη. Χρησιμοποιούμε διαπλαισιακές αντιστοιχίες μεταξύ του καινούργιου πλαισίου και των ήδη καταχωρημένων, όπως αυτά είναι διαθέσιμα από τον γράφο αντιστοιχίας. Τα ανακατασκευασμένα σημεία, των οποίων η μέση τιμή του σφάλματος επαναπροβολής είναι πάνω από 1 εικονοστοιχείο απορρίπτονται. Αφαιρούνται επίσης και τα ενδοπλαισιακά LF χαρακτηριστικά που αναγνωρίζονται

³<http://people.inf.ethz.ch/fcampose/publications>

από το στάδιο του τριγωνισμού. Περιστασιακά, ο γράφος αντιστοιχίας ενδέχεται να περιέχει μερικά ακραία στοιχεία, π.χ. λόγω εσφαλμένου ταιριάσματος. Συνεπώς, για κάθε καινούργιο 3D σημείο, υπολογίζουμε το σφάλμα επαναπροβολής για τις ενδοπλαισιακές αντιστοιχίες των ήδη καταχωρημένων πλαισίων και αφαιρούμε τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, των οποίων το σφάλμα είναι μεγαλύτερο από 1 εικονοστοιχείο.

6. Προσαρμογή δέσμης για LF

Τα όρια της προσαρμογής δέσμης αποκλίνουν βελτιώνοντας την 3D δομή και τον προσανατολισμό της κάμερας για την ελαχιστοποίηση της μέσης τιμής του σφάλματος επαναπροβολής στα πλαίσια. Παρόλο που η συνήθης πρακτική στην συμβατική SfM είναι η συχνή διεξαγωγή τοπικής προσαρμογής δέσμης [31, 49], και η λιγότερο συχνή λύση της πιο δαπανηρής καθολικής προσαρμογής δέσμης, παρεκκλίνουμε από αυτό, καθώς ο σταθερός τριγωνισμός περιλαμβάνει ήδη τη μη-γραμμική βελτίωση του σφάλματος επαναπροβολής. Συνεπώς, χρησιμοποιούμε μόνο κατά διαστήματα καθολική προσαρμογή δέσμης, η οποία εφαρμόζεται είτε όταν το 3D σύννεφο σημείου έχει αυξηθεί κατά ένα συγκεκριμένο ποσοστό (15% στην υλοποίηση μας), είτε όταν ο αριθμός των πρόσφατα καταχωρημένων πλαισίων ξεπερνάει τα 10.

Στη περίπτωση ενός πλαισίου LF που αποτελείται από S εικόνες υπο-ανοίγματος, ένα συγκεκριμένο 3D σημείο προβάλλεται σε έως και S προβολές εικόνας. Κάθε μια από αυτές τις εικόνες υπο-ανοίγματος έχει ένα σταθερό προσανατολισμό σχετικό με τον προσανατολισμό του πλαισίου LF, συνεπώς, ο απόλυτος προσανατολισμός του μπορεί να σχετίζεται άμεσα με τον τελευταίο. Επομένως, διεξάγουμε προσαρμογή δέσμης διατηρώντας σταθερούς τους σχετικούς προσανατολισμούς των εικόνων υπο-ανοίγματος και ελαχιστοποιώντας το σφάλμα επαναπροβολής, όσον αφορά

μόνο στον προσανατολισμό του πλαισίου LF και στη 3D δομή. Για να το επιτύχουμε αυτό, έχουμε επεκτείνει την SBA (Sparse Bundle Adjustment) [28] γενική μηχανή προσαρμογής δέσμης για να διαχειρίζεται προβολές σε έως και S εικόνες υπο-ανοίγματος ανά πλαίσιο LF. Συγκεκριμένα, η SBA υποστηρίζει αυθαίρετες συναρτήσεις προβολής κάμερας, όπου οι λεπτομέρειες της προβολής, όπως και ο προσανατολισμός, η δομή και οι παράμετροι της προβολής εικόνας είναι στη κρίση του χρήστη. Συνεπώς, χρησιμοποιούμε ένα 2D σημείο για κάθε εικόνα υπο-ανοίγματος που εμφανίζεται ένα 3D σημείο (έως και $2S$ συνδεδεμένες συντεταγμένες εικόνας συνολικά) και σε μια άκαμπτη εξαδιάστατη μετατροπή για να αναπαραστήσουμε τους προσανατολισμούς των πλαισίων LF. Οι περιστροφές της κάμερας παραμετροποιούνται με τροποποιημένες παραμέτρους Rodrigues [47] και η προβολή Jacobian εξάγεται αναλυτικά. Λαμβάνουμε υπόψη N 3D σημεία προβαλλόμενα από M πλαίσια LF και επιτρέπουμε στο x_{ijk} να υποδηλώνει την προβολή του i -οστού σημείου στην k -οστή εικόνα υπο-ανοίγματος του πλαισίου LF j , $\mathbf{a}_j$ τον προσανατολισμό του πλαισίου LF j , $\mathbf{b}_i$ τις συντεταγμένες του σημείου i , και $\mathbf{c}_k$ τον σχετικό προσανατολισμό της k -οστής εικόνας υπο-ανοίγματος. Η προσαρμογή δέσμης για LF ισοδυναμεί με το παρακάτω μη-γραμμικό πρόβλημα ελαχίστων τετραγώνων:

$$\min_{\mathbf{a}_j, \mathbf{b}_i} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^S v_{ijk} d(Q(\mathbf{a}_j, \mathbf{b}_i, \mathbf{c}_k), \mathbf{x}_{ijk})^2, \quad (1)$$

Όπου το $Q(\mathbf{a}_j, \mathbf{b}_i, \mathbf{c}_k)$ είναι η προβλεπόμενη προβολή του σημείου i στη k -οστή εικόνα υπο-ανοίγματος του πλαισίου LF j , το $d(., .)$ είναι η Ευκλείδεια απόσταση, και το v_{ijk} είναι η μάσκα ορατότητας. Σημειώνουμε ότι οι $\mathbf{c}_k$ δεν τροποποιούνται κατά την ελαχιστοποίηση, καθώς είναι πανομοιότυποι για όλα τα πλαίσια LF και έχουν εκτιμηθεί κατά τη βαθμονόμηση της κάμερας. Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, το (1) ελαχιστοποιείται εκμεταλλεύοντας την

αραιότητα των υποκείμενων φυσιολογικών εξισώσεων [28].

7. Πειραματική αξιολόγηση

Αυτή η ενότητα παρουσιάζει πειράματα που επιδεικνύουν την ακρίβεια των ανακατασκευών που αποκαταστάθηκαν από τη *uLF-SfM* και την ορθότητα της κλίμακας τους. Συγκρίνει επίσης την επίδοση της *uLF-SfM* με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας, όπως αυτή εκφράζεται από τη *LF-SfM* [15] και το *COLMAP* [41], θεωρώντας το τελευταίο ως χρυσό κανόνα. Δεν ήταν δυνατή η σύγκριση με τη *P-SfM* [53], καθώς η υλοποίηση του δεν ήταν διαθέσιμη σε εμάς και, όπως εξηγήσαμε στην Ενότητα 2, δεν μπορεί να αναπαραχθεί εύκολα βασιζόμενοι αποκλειστικά στην δημοσίευση.

Χρησιμοποιώντας μια κάμερα LF Lytro Illum, απαθανάτισαμε 4 ολόενα και μεγαλύτερα σύνολα δεδομένων, δηλαδή το «Χταπόδι», το «Σπίτι», το «Αμαξάκι» και τον «Χαμαιλέοντα», από διαφορετικές σκηνές, όπως φαίνεται στην πρώτη σειρά της Εικόνας 5. Ο αριθμός των πλαισίων LF δίνεται στην δεύτερη στήλη του Πίνακα 1. Η κάμερα LF βαθμονομήθηκε γεωμετρικώς σύμφωνα με τους Bok *et al.* [3] για χρήση με τη *uLF-SfM* και το *COLMAP*, επιτυγχάνοντας ένα σφάλμα επαναπροβολής των 0.20 mm. Από την άλλη πλευρά, η *LF-SfM* απαιτούσε βαθμονόμηση σύμφωνα με τους Dansereau *et al.* [6], κάτι που οδήγησε σε ένα σφάλμα 0.22 mm. Οι εικόνες υπο-ανοίγματος είναι 552 x 383 εικονοστοιχεία, ταξινομημένα σε 5 x 5 πλέγματα εντός των πλαισίων LF. Για όλες τις σειριακές διαδικασίες, χρησιμοποιήθηκαν πανομοιότυπη αρχικοποίηση, ανίχνευση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και παράμετροι ταιριασμάτων.

Χρόνος εκτέλεσης. Σε έναν υπολογιστή με ένα Intel Core i7 CPU στα 2.2 GHz και 16 Gb RAM, η *uLF-SfM* χρειάστηκε 11 δεύτερα, 80 δεύτερα, 38 λεπτά, and 131 λεπτά για τα σύνολα δεδομένων από το «Χταπόδι», το «Σπίτι», το «Αμαξάκι» και

	# LFs	# Registered		# 3D points		Avg. reprojection error [pix]		
		COLMAP ^C	Ours	COLMAP ^C	Ours	COLMAP ^C	Ours	Ours ^C
Octopus	7	7	7	1045	1169	0.20	0.29	0.16
House	16	16	16	1654	1756	0.26	0.31	0.24
Toy car	103	103	103	9917	13512	0.17	0.72	0.23
Chameleon	303	303	303	28281	35597	0.19	0.81	0.21

Πίνακας 1. Σύγκριση της *uLF-SfM* με την τελευταία λέξη της τεχνολογίας, την κλασσική SfM [41] εφαρμοσμένη στις κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος.

	Transl. Difference		Rot. Difference (°)	
	Ours	LF-SfM [15]	Ours	LF-SfM [15]
Octopus	0.16 ± 0.13	4.39 ± 2.36	0.34 ± 0.01	1.41 ± 0.93
House	0.13 ± 0.08	3.34 ± 1.51	0.18 ± 0.02	3.52 ± 1.87
Toy car	0.11 ± 0.04	(32.41 ± 26.36)	0.67 ± 0.01	(7.03 ± 2.64)
Chameleon	0.12 ± 0.08	—	0.89 ± 0.43	—

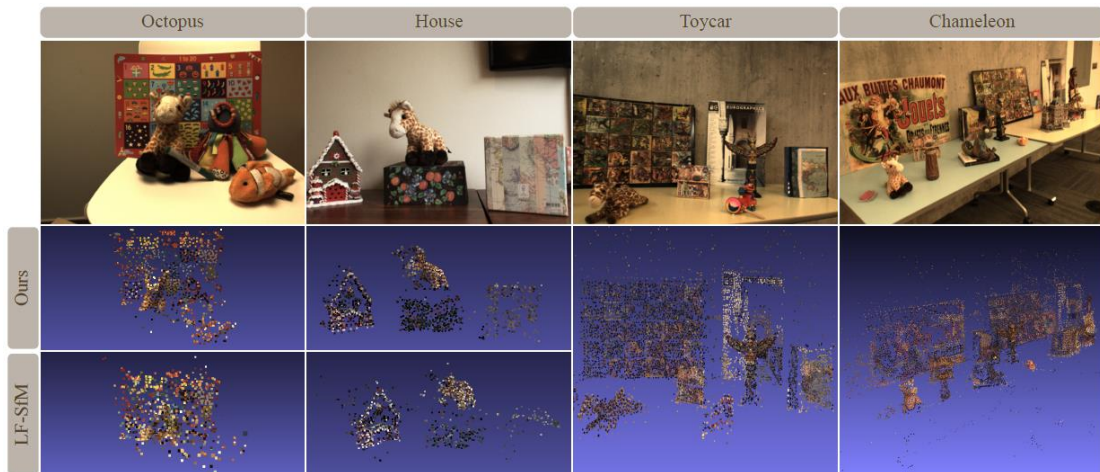
Πίνακας 2. Διαφορές στους προσανατολισμούς που αποκτήθηκαν με την *uLF-SfM* και την *LF-SfM* [15] χρησιμοποιώντας το *COLMAP* [41] ως αναφορά. Η *LF-SfM* καταχώρησε μόνο 63 πλαίσια στο «Αμαξάκι» και απέτυχε στον «Χαμαιλέοντα».

τον «Χαμαιλέοντα» αντιστοίχως⁴. Η *LF-SfM* χρειάστηκε 25 λεπτά και 115 λεπτά για το «Χταπόδι» και το «Σπίτι», εκ των οποίων 23 λεπτά και 112 λεπτά αφιερώθηκαν για το τελικό μη-γραμμικό στάδιο βελτίωσης του. Η *LF-SfM* σταμάτησε εξαιτίας της ανεπαρκούς μνήμης μετά την πρώτη επανάληψη της τελικής βελτίωσης στο «Αμαξάκι» και απέτυχε εντελώς στον «Χαμαιλέοντα». Στα δύο μικρότερα σύνολα δεδομένων (το «Χταπόδι» και το «Σπίτι»), το *COLMAP* κατάφερε να καταχωρήσει όλες τις εικόνες υπο-ανοίγματος σε 114 και 325 δεύτερα (να σημειωθεί ότι αυτά είναι περισσότερα απ' ό τι στο *uLF-SfM*). Στο «Αμαξάκι», το *COLMAP* σταμάτησε μετά από 5 μη συγκλίνοντα στάδια προσαρμογής δέσμης, έχοντας καταχωρήσει 1.3 χιλιάδες εικόνες σε 10 ώρες. Αυτό συμβαίνει, διότι το *COLMAP* αντιμετωπίζει κάθε εικόνα υπο-ανοίγματος χωριστά, χωρίς να λαμβάνει υπόψιν την ειδική δομή των πλαισίων LF. Συνεπώς, έρχεται αντιμέτωπο με ένα αρκετά μεγάλο πρόβλημα που περιλαμβάνει 2.6 χιλιάδες εικόνες. Στη συνέχεια, τρέξαμε το *COLMAP* στο «Αμαξάκι» και στον «Χαμαιλέοντα» χρησιμοποιώντας μόνο τις κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος.

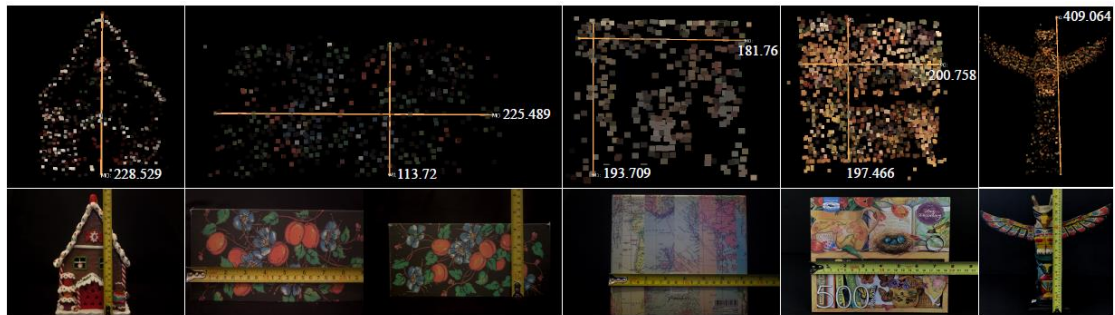
Ποιότητα εκτίμησης δομής. Οι ανακατασκευές που αποκτήθηκαν με τη

⁴Εκτός από ανίχνευση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων και προσαρμογή δέσμης, η σειριακή μας διαδικασία είναι κωδικοποιημένη

σε μη-βελτιστοποιημένο Matlab, όπως είναι και η *LF-SfM* [15]; Το *COLMAP* [41] είναι γραμμένο σε C++.



Εικόνα 5. Πλαίσια από το «Χταπόδι», το «Σπίτι», το «Αμαξάκι» και τον «Χαμαιλέοντα» (πάνω); η δομή αποκτήθηκε με την σειριακή μας διαδικασία (μέση δεξιά και κάτω αριστερά); η δομή για το «Χταπόδι» και το «Σπίτι» που αποκτήθηκε με την *LF-SfM* [15] (κάτω δεξιά). Η *LF-SfM* απέτυχε στο «Αμαξάκι» και τον «Χαμαιλέοντα».



Εικόνα 6. Πιστότητα της μετρικής ανακατασκευής. Οι μετρήσεις των ανακατασκευασμένων αντικειμένων είναι σε χιλ.

uLF-SfM μας απεικονίζονται στην Εικόνα 5, αποτυπώνοντας την πιστή αποκατάσταση των σχημάτων και των ορίων των αντικειμένων. Οι αριθμοί των ανακατασκευασμένων σημείων και ο μέσος όρος των σφαλμάτων επαναπροβολής σε σύγκριση με αυτούς του *COLMAP* που έχουν εφαρμοστεί στις κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος απεικονίζονται στον Πίνακα 1. Η Εικόνα 5 περιλαμβάνει επίσης ανακατασκευές που αποκαταστάθηκαν από τη *LF-SfM*, αφού του παρείχαμε πλαίσια LF με τη σειρά που καταχωρήθηκαν από τη *uLF-SfM* (πρβ. Ενότητα 5.1.). Εφόσον το τελικό στάδιο βελτίωσης του *LF-SfM* αποτυγχάνει, όταν επεξεργάζεται παραπάνω από 20 πλαίσια, οπτικοποιούμε το αποτέλεσμα της *LF-SfM* μόνο για τα δύο μικρότερα σύνολα δεδομένων. Η Εικόνα 6 απεικονίζει την ακριβή αποκατάσταση της κλίμακας από τη *uLF-SfM*, συγκρίνοντας μετρικές

ανακατασκευές με υπολογισμένες διαστάσεις αντικειμένου.

Εφόσον η *uLF-SfM* χρησιμοποιεί μόνο κεντρικές εικόνες για τη διαπλαισιακή αντιστοίχιση, είναι δίκαιο να συγκρίνουμε τη πυκνότητα των ανακατασκευών του με το *COLMAP*. Σε όλα τα σύνολα δεδομένων, η *uLF-SfM* παρέχει πυκνότερες ανακατασκευές με ακρίβεια παρεμφερή με το *COLMAP* (βλ. Πίνακα 1). Ο μέσος όρος του σφάλματος επαναπροβολής είναι ελαφρώς μεγαλύτερος σε σύγκριση με το *COLMAP*, όταν υπολογιστεί για όλες τις εικόνες υπο-ανοίγματος. Εντούτοις, όπως απεικονίζεται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 1 (εκθέτης C), το σφάλμα επαναπροβολής είναι παρόμοιο με αυτό του *COLMAP*, όταν υπολογίζεται μόνο για τις κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος. Αυτή η απόκλιση παρατηρείται επίσης και από τους Bok *et al.* [3] και από τους Dansereau *et al.* [6] και σχετίζεται με τον αστιγματισμό και την καμπυλότητα πεδίου [46] που

επηρεάζουν τις κάμερες LF βασισμένες σε συστοιχία μικροφακών [14].

Πιστότητα εκτίμησης προσανατολισμού. Για να προσδιορίσουμε την ποσότητα της επίδοσης της εκτίμησης του προσανατολισμού της κάμερας, συγκρίναμε το αποτέλεσμα της *uLF-SfM* και της *LF-SfM* με το *COLMAP*. Εφόσον το τελευταίο δεν μπορεί να αποκαταστήσει την κλίμακα, φτιάξαμε υπό κλίμακα τα διανύσματα μετατόπισης της κάμερας για τη *uLF-SfM* και τη *LF-SfM*, έτσι ώστε η μετατόπιση μεταξύ των πρώτων δύο πλαισίων να τηρεί τον κανόνα στοιχείου. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τις διαφορές μεταξύ των μετατοπίσεων και των περιστροφών, υπολογισμένες με τον κανόνα-L2 και την υπολειπόμενη γωνία περιστροφής ενός άξονα, αντιστοίχως. Προφανώς, οι προσανατολισμοί της *uLF-SfM* και του *COLMAP* είναι πολύ παρεμφερείς. Το *LF-SfM* κατάφερε να καταχωρήσει μόνο 63 πλαίσια στο «Αμαξάκι» χωρίς βελτίωση και απέτυχε εντελώς στον «Χαμαιλέοντα»

8. Συμπέρασμα

Παρουσιάσαμε ένα αλγόριθμο SfM ικανό να διαχειριστεί αρκετές εκατοντάδες μη ταξινομημένα πλαίσια LF. Η σειριακή διαδικασία μας σημειώνει καλύτερα αποτελέσματα από τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας με τάξεις μεγέθους στον χρόνο υπολογισμού και στο μέγεθος εισακτέων τιμών, με ακρίβεια πολύ παρεμφερή με αυτή που επετεύχθη από τους Schönberger και Frahm [41] εφαρμοσμένο σε κεντρικές εικόνες υπο-ανοίγματος. Ο κώδικας και τα δεδομένα μας είναι διαθέσιμα στο <https://github.com/%20sotnousias/uLF-SfM.git>.

Ευχαριστίες: This work was supported by an EPSRC Centre for Doctoral Training in Medical Imaging [EP/L016478/1], an AMS Springboard Award [SBF001/1002], an ERC Starting Grant [714562], and EU's H2020 Programme [sustAGE No 826506].

Βιβλιογραφικές αναφορές

- [1] Edward H. Adelson and James R. Bergen. The plenoptic function and the elements of early vision. In *Computational Models of Visual Processing*, pages 3–20, 1991.
- [2] Relja Arandjelovic and Andrew Zisserman. Three things everyone should know to improve object retrieval. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 2911–2918, 2012.
- [3] Yunsu Bok, Hae-Gon Jeon, and In So Kweon. Geometric calibration of micro-lens-based light field cameras using line features. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(2):287–300, Feb 2017.
- [4] Federico Camposeco, Torsten Sattler, and Marc Pollefeys. Minimal solvers for generalized pose and scale estimation from two rays and one point. In *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pages 202–218, 2016.
- [5] Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, and Clifford Stein. *Introduction to Algorithms*. The MIT Press, 3rd edition, 2009.
- [6] Donald G. Dansereau, Oscar Pizarro, and Stefan B. Williams. Decoding, calibration and rectification for lenselet-based plenoptic cameras. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 1027–1034, Jun 2013.
- [7] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles. Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Commun. ACM*, 24(6):381–395, June 1981.
- [8] Steffen Gauglitz, Chris Sweeney, Jonathan Ventura, Matthew Turk, and Tobias Hollerer. Model estimation and selection towards unconstrained real-time tracking and mapping. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(6):825–838, June 2014.
- [9] Michael D. Grossberg and Shree K. Nayar. The raxel imaging model and ray-based calibration. *Int'l Journal of Computer Vision*, 61(2):119–137, Feb 2005.
- [10] Sebastian Haner and Anders Heyden. Covariance propagation and next best view planning for 3d reconstruction. In Andrew Fitzgibbon, Svetlana Lazebnik, Pietro Perona, Yoichi Sato, and Cordelia Schmid, editors, *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pages 545–556, 2012.
- [11] Richard I. Hartley and Peter Sturm. Triangulation. *Computer Vision and Image Understanding*, 68(2):146–157, Nov. 1997.
- [12] Jared Heinly, Johannes L. Schönberger, Enrique Dunn, and Jan-Michael Frahm. Reconstructing the world in six days. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 3287–3295, June 2015.
- [13] Boris Iglewicz and David Hoaglin. Volume 16: How to detect and handle outliers. In *The ASQC Basic References in Quality Control: Statistical Techniques*. 1993.
- [14] Hae-Gon Jeon, Jaesik Park, Gyeongmin Choe, Jinsun Park, Yunsu Bok, Yu-Wing Tai, and In So Kweon. Accurate depth map estimation from a lenslet light field camera. In *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 1547–1555, 2015.
- [15] Ole Johannsen, Antonin Sulc, and Bastian Goldluecke. On linear structure from motion for light field cameras. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 720–728, 2015.
- [16] Ole Johannsen, Antonin Sulc, Nico Marniok, and Bastian Goldluecke. Layered scene reconstruction from multiple light field camera views. In *Asian Conference on Computer Vision (ACCV)*, pages 3–18, 2017.
- [17] Laurent Kneip and Paul Furgale. OpenGV: A unified and generalized approach to real-time calibrated geometric vision. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pages 1–8, May 2014.
- [18] Laurent Kneip, Paul Furgale, and Roland Siegwart. Using multi-camera systems in robotics: Efficient solutions to the NPnP problem. In *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pages 3770–3776, May 2013.
- [19] Laurent Kneip and Hongdong Li. Efficient computation of relative pose for multi-camera systems. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 446–453, 2014.
- [20] Laurent Kneip, Hongdong Li, and Yongduek Seo. UPnP: An optimal $O(n)$ solution to the absolute pose problem with universal applicability. In *European Conference on*

Computer Vision (ECCV), pages 127–142, 2014.

[21] Laurent Kneip, Chris Sweeney, and Richard Hartley. The generalized relative pose and scale problem: View-graph fusion via 2D-2D registration. In *IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, pages 1–9, 2016.

[22] Viktor Larsson, Kalle Åström, and Magnus Oskarsson. Efficient solvers for minimal problems by syzygy-based reduction. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 2383–2392, 2017.

[23] Gim Hee Lee, Bo Li, Marc Pollefeys, and Friedrich Fraundorfer. Minimal solutions for the multi-camera pose estimation problem. *The International Journal of Robotics Research*, 34(7):837–848, 2015.

[24] Vincent Lepetit, Francesc Moreno-Noguer, and Pascal Fua. EPnP: An accurate $O(n)$ solution to the PnP problem. *International Journal of Computer Vision*, 81(2):155–166, Jul 2008.

[25] Marc Levoy. Light fields and computational imaging. *Computer*, 39(8):46–55, Aug. 2006.

[26] Hongdong Li, Richard Hartley, and Jae-Hak Kim. A linear approach to motion estimation using generalized camera models. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 1–8, June 2008.

[27] Manolis Lourakis and Xenophon Zabulis. Accurate scale factor estimation in 3D reconstruction. In *Computer Analysis of Images and Patterns (CAIP)*, pages 498–506, 2013.

[28] Manolis I. A. Lourakis and Antonis A. Argyros. SBA: A software package for generic sparse bundle adjustment. *ACM Trans. Math. Software*, 36(1):1–30, March 2009.

[29] David G. Lowe. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60(2):91–110, Nov 2004.

[30] Eleonora Maset, Federica Arrigoni, and Andrea Fusiello. Practical and efficient multi-view matching. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 4578–4586, Oct 2017.

[31] Etienne Mouragnon, Maxime Lhuillier, Michel Dhome, Fabien Dekeyser, and Patrick Sayd. Real time localization and 3D reconstruction. In *IEEE Conference on*

Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), volume 1, pages 363–370, 2006.

[32] Ren Ng, Marc Levoy, Mathieu Brédif, Gene Duval, Mark Horowitz, and Pat Hanrahan. Light field photography with a hand-held plenoptic camera. Technical Report CSTR 2005- 02, Stanford University, Apr. 2005.

[33] David Nistér. An efficient solution to the five-point relative pose problem. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 26(6):756–777, Jun 2004.

[34] David Nistér and Henrik Stewénus. A minimal solution to the generalised 3-point pose problem. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 27:67–79, Jan 2007.

[35] Sotiris Nousias, Francois Chadebecq, Jonas Pichat, Pearse Keane, Sebastien Ourselin, and Christos Bergeles. Corner-based geometric calibration of multi-focus plenoptic cameras. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 957–965, 2017.

[36] Christian Perwaß and Lennart Wietzke. Single lens 3Dcamera with extended depth-of-field. In *Proceedings of SPIE*, volume 8291, 2012.

[37] Robert Pless. Using many cameras as one. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, volume 2, pages 587–593, 2003.

[38] Srikumar Ramalingam, Suresh K. Lodha, and Peter Sturm. A generic structure-from-motion framework. *Comput. Vis. Image Underst.*, 103(3):218–228, Sept. 2006.

[39] Yossi Rubner, Jan Puzicha, Carlo Tomasi, and Joachim M Buhmann. Empirical evaluation of dissimilarity measures for color and texture. *Comput. Vis. Image Underst.*, 84(1):25–43, Oct. 2001.

[40] Frederik Schaffalitzky and Andrew Zisserman. Multi-view matching for unordered image sets, or “How do I organize my holiday snaps?”. In *European Conference on Computer Vision (ECCV)*, pages 414–431, 2002.

[41] Johannes L. Schönberger and Jan-Michael Frahm. Structure-from-motion revisited. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 4104–4113, June 2016.

[42] Thomas Schöps, Torsten Sattler, Christian Häne, and Marc Pollefeys. Large-scale outdoor 3D reconstruction on a mobile device. *Computer*

Vision and Image Understanding, 157:151–166, 2017.

[43] Noah Snavely, Steven M. Seitz, and Richard Szeliski. Modeling the world from internet photo collections. *International Journal of Computer Vision*, 80(2):189–210, Nov 2008.

[44] Noah Snavely, Ian Simon, Michael Goesele, Richard Szeliski, and Steven M. Seitz. Scene reconstruction and visualization from community photo collections. *Proceedings of the IEEE*, 98(8):1370–1390, Aug 2010.

[45] Henrik Stewénus, David Nistér, Magnus Oskarsson, and Kalle Åström. Solutions to minimal generalized relative pose problems. In *Workshop On Omnidirectional Vision*, 2005.

[46] Huixuan Tang and Kiriakos N. Kutulakos. What does an aberrated photo tell us about the lens and the scene? In *IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)*, pages 1–10, April 2013.

[47] George Terzakis, Manolis Lourakis, and Djamel Ait-Boudaoud. Modified Rodrigues Parameters: An Efficient Representation of Orientation in 3D Vision and Graphics. *J. Math. Imaging Vis.*, 60(3):422–442, Oct 2017.

[48] Thorsten Thormählen, Hellward Broszio, and Axel Weissenfeld. Keyframe selection for camera motion and structure estimation from multiple views. In *European Conference on*

Computer Vision (ECCV), pages 523–535, 2004.

[49] Roberto Toldo, Riccardo Gherardi, Michela Farenzena, and Andrea Fusiello. Hierarchical structure-and-motion recovery from uncalibrated images. *Computer Vision and Image Understanding*, 140:127–143, Nov 2015.

[50] Philip H. S. Torr. An assessment of information criteria for motion model selection. In *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 47–53, 1997.

[51] Roberto Tron, Xiaowei Zhou, Carlos Esteves, and Kostas Daniilidis. Fast multi-image matching via density-based clustering. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 4077–4086, Oct 2017.

[52] Gaochang Wu, Belen Masia, Adrian Jarabo, Yuchen Zhang, Liangyong Wang, Qionghai Dai, Tianyou Chai, and Yebin Liu. Light field image processing: An overview. *IEEE J. of Selected Topics in Signal Processing*, 11(7):926–954, Oct 2017.

[53] Yingliang Zhang, Peihong Yu, Wei Yang, Yuanxi Ma, and Jingyi Yu. Ray space features for plenoptic structure-from-motion. In *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 4641–4649, Oct 2017.

Σχολιασμός

Μέρος Α': Μετάφραση

- Περί μετάφρασης

Πριν αναλύσουμε πιο περίπλοκες έννοιες, πρέπει να ξεκινήσουμε από το ερώτημα «Τι είναι μετάφραση;». Σύμφωνα με το «Λεξικό Γλωσσολογίας» του Larousse, «μετάφραση είναι η έκφραση σε μιαν άλλη γλώσσα (ή γλώσσα-στόχος) αυτού που έχει ήδη εκφραστεί σε μιαν άλλη γλώσσα-πηγή, κατά διατήρηση δε των σημασιολογικών και υφολογικών ισοδυναμιών» (Dubois, 1973:486 στο Κεντρωτής, 1996:53). Ο Κεντρωτής (1996:117) υποστηρίζει ότι «... μετάφραση είναι γενικώς η μεταφορά ενός μηνύματος από τη γλώσσα αφετηρίας στη γλώσσα αφίξεως». Σύμφωνα με τους Hartmann και Stork, «μετάφραση είναι η αντικατάσταση μιας παράστασης ενός κειμένου σε μια δεδομένη γλώσσα δια μιας παράστασης ενός ισοδύναμου κειμένου σε μιαν άλλη δεδομένη γλώσσα». Με βάση αυτόν τον ορισμό εισάγεται ένας καινούργιος όρος, αυτός της ισοδυναμίας. Οι Hartmann και Stork επεξηγούν ότι κείμενα διατυπωμένα σε διάφορες γλώσσες μπορεί να είναι ισοδύναμα α) ως προς διάφορους βαθμούς (πλήρως ή μερικώς ισοδύναμα), β) εν σχέσει προς τα διάφορα επίπεδα της παρουσίας τους (ισοδύναμα, ήτοι, εν σχέσει προς τα συμφραζόμενα, τις σημασιολογικές συνιστώσες, τη γραμματική αποτύπωση, την ιδιαίτερη λέξη, κ.λπ. και γ) κατά διάφορες σειρές (λέξη-λέξη, φράση-φράση, πρόταση-πρόταση» (Hartmann και Stork, 1972:713 στο Κεντρωτής, 1996:55). Ο Roman Jakobson (1959/2000:114) διαχωρίζει τη μετάφραση σε τρεις κατηγορίες:

α) η ενδογλωσσική μετάφραση ή αναδιατύπωση: η ερμηνεία των γλωσσικών σημείων μέσω άλλων σημείων της ίδιας γλώσσας·

β) η διαγλωσσική μετάφραση ή μετάφραση καθαυτή: η ερμηνεία των γλωσσικών σημείων μέσω μιας άλλης γλώσσας (ανάμεσα σε 2 γραπτές γλώσσες) και

γ) η διασημειωτική μετάφραση ή μεταστοιχείωση: η ερμηνεία των γλωσσικών σημείων μέσω μη λεκτικών σημειακών συστημάτων.

- Περί Επιστήμης της Μετάφρασης

Η Επιστήμη της Μετάφρασης είναι η επιστήμη που ασχολείται με την μετάφραση. Σύμφωνα με τον Κεντρωτή (1996:79), το κατά πόσο η μετάφραση συνιστά επιστήμη, εξαρτάται από το νόημα που προσδίδουμε στη μετάφραση και ιδίως στη πράξη, στη διαδικασία της μετάφρασης. Υπογραμμίζει

...ότι η Επιστήμη της Μετάφρασης ασχολείται α) με την ανάλυση των ποικίλων προβλημάτων, που τίθενται αντικειμενικά κατά τη πράξη της μετάφρασης, και με τη συστηματική παρουσίαση των δυσκολιών που αναφύονται in situ ανά ζεύγη γλωσσών· β) με τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ Μετάφρασης αφ' ενός και Φιλοσοφίας της Γλώσσας, Ερμηνευτικής, Φιλολογίας, Λογοτεχνίας και Γλωσσολογίας αφ' ετέρου, με τα πορίσματα που διατυπώνονται εκ του ελέγχου των ανωτέρω σχέσεων και με την εφαρμογή των πορισμάτων αυτών στην προβληματική του μεταφραστέου λόγου, και γ) με τη πρόταση μεταφραστικών λύσεων στα διάφορα προβλήματα μεταφοράς λόγου από τη γλώσσα αφετηρίας στη γλώσσα αφίξεως και με τη παροχή συνδρομής στο έργο του μεταφραστή δια της συνθέσεως ειδικών ad hoc βοηθημάτων.

Ο Koller (1981:368 στο Κεντρωτής, 1996:85) διαχωρίζει και κατηγοριοποιεί τους οχτώ βασικούς κλάδους του μεταφραστικού επιστητού με τους οποίους ασχολείται η Επιστήμη της Μετάφρασης:

α) με τη Θεωρία της Μετάφρασης· β) με την Επιστήμη της Μετάφρασης που έχει σχέση με την γλωσσολογία των καθέκαστον γλωσσικών ζευγών· γ) με την Επιστήμη της Μετάφρασης που έχει σχέση με τα κείμενα· δ) με την επιστημονική κριτική της Μετάφρασης· ε) με την εφαρμοσμένη Επιστήμη της Μετάφρασης· στ) με τα θεωρητικοϊστορικά συστατικά στοιχεία της Επιστήμης της Μετάφρασης· ζ) με τα μεταφραστικοϊστορικά και τα προσληπτικοϊστορικά συστατικά στοιχεία της Επιστήμης της Μετάφρασης· και η) με τη διδακτική της μετάφρασης.

- Περί του μεταφραστή

Αναλύσαμε την έννοια της μετάφρασης, επομένως σώφρον θα ήταν να αναφερθούμε και στον μεταφραστή. Ο μεταφραστής μπορεί να χαρακτηριστεί και ως κοινωνός δύο πολιτισμών, καθώς είναι ο διαμεσολαβητής για την επικοινωνία του πολιτισμού της γλώσσας αφετηρίας και της γλώσσας αφίξεως. Τι χαρακτηρίζει όμως τον μεταφραστή και ποια είναι τα απαραίτητα προσόντα που πρέπει να διαθέτει για να θεωρηθεί «σωστός»;

Αρχικά, ο Κεντρωτής (1996:124) διευκρινίζει ότι «... η μετάφραση, ως κατ' ουσίαν θεώρηση γλωσσικού επιτελέσματος, είναι δυνατή, μόνο αν προϋποτεθεί η γλωσσική ικανότητα του υποκειμένου που την επιτελεί γλωσσικώς: εν προκειμένω τον μεταφραστή, και δη του ιδανικού μεταφραστή που διαθέτει γνώση τόσο της δικής του γλώσσας όσο και της γλώσσας από την οποία μεταφράζει...». Συνεχίζει λέγοντας ότι

«η μεταφραστική ικανότητα προϋποθέτει την εκ μέρους του μεταφραστή άνετη πρόσβαση σε επτά διακριτά απ' αλλήλων είδη γνώσης και δη: α) στη γνώση της γλώσσας αφίξεως, β) στη γνώση του τύπου του προς μετάφραση κειμένου, γ) στη γνώση της γλώσσας αφετηρίας, δ) στη γνώση του πεδίου του προς μετάφραση κειμένου, ε) στη γνώση των αναγκαίων αντιπαραβολικών συγκρίσεων, στ) στη γνώση της αποκωδικοευτικής ανάγνωσης του κειμένου αφετηρίας, και ζ) στη γνώση της ανακωδικοευτικής γραφής του κειμένου του μεταφράσματος».

Σε αυτά, η Schäffner (2000:146) προσθέτει ότι ο μεταφραστής πρέπει να διαθέτει α) την πολιτισμική ικανότητα (γενική γνώση ιστορικών, πολιτικών, οικονομικών και πολιτισμικών γεγονότων των αντίστοιχων χωρών), β) την κειμενική ικανότητα (γνώση κανόνων και συμβάσεων κειμένων, ειδών κ.λπ.), γ) την ικανότητα επί του συγκεκριμένου τομέα/αντικειμένου (γνώση του σχετικού αντικειμένου), δ) την ερευνητική ικανότητα (γενική στρατηγική ικανότητα με σκοπό την επίλυση προβλημάτων σχετικών με την δια-πολιτισμική μεταφορά κειμένων), ε) την ικανότητα μεταφοράς (ικανότητα παραγωγής μεταφρασμάτων που ικανοποιούν τις απαιτήσεις της μεταφραστικής εντολής).

Πέραν αυτών των ικανοτήτων, ο μεταφραστής πρέπει να έχει γνώσεις σημασιολογικού χαρακτήρα (πώς δομούνται οι προτάσεις), γνώσεις συντακτικού χαρακτήρα (πώς συντίθενται οι προτάσεις, προκειμένου να εκφράσουν το περιεχόμενο που μεταφέρουν, και πώς αναλύονται, προκειμένου να επανακτήσουν το περιεχόμενο που είχαν στο πρωτότυπο) και γνώσεις πραγματολογικού ή ρητορικού χαρακτήρα (πώς κατανοούνται οι προτάσεις ως κείμενα

και δη ως φορείς πληροφοριών και πώς το προς μετάφραση κείμενο από-συντίθεται μέσω των προτάσεων του) (Κεντρωτής, 1996:125).

- Περί ισοδυναμίας

Σχετικά με την ισοδυναμία που αναφέραμε παραπάνω, ο Κεντρωτής θέτει το εξής ερώτημα: «Αν, όμως, η ισοδυναμία πρέπει να διατηρείται πάση θυσία στη μετάφραση, τότε ... σε ποιο επίπεδο θα διατηρείται;». Απαντάει ο ίδιος αναφέροντας ότι «Η επιλογή του μεταφραστή θα είναι, με άλλα λόγια, μεταξύ της λεγόμενης κατά λέξη μετάφρασης και της λεγόμενης ελεύθερης μετάφρασης.» (Κεντρωτής, 1996:67). Η διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές επιλογές έγκειται στον ίδιο τον μεταφραστή. Αν επιλέξει την κατά λέξη μετάφραση, υπάρχει η περίπτωση να κατηγορηθεί για έλλειψη κριτικής σκέψης και φαντασίας. Αν επιλέξει την ελεύθερη μετάφραση, μπορεί να κατηγορηθεί για έλλειψη πιστότητας και προσπάθεια καλλωπισμού του πρωτοτύπου. Και στις δύο περιπτώσεις όμως δεν πρέπει να παραβλέπουμε τον πραγματικό σκοπό της μετάφρασης, ο οποίος είναι «η ορθολογική μεταφορά του περιεχομένου του κειμένου στη γλώσσα αφίξεως με γλωσσικά μέσα που του διαθέτει αποκλειστικά το σύστημα της γλώσσας αφίξεως» (Κεντρωτής, 1996:124). «Γι' αυτό και στη μετάφραση την απόλυτη προτεραιότητα τη διεκδικεί κατ' αρχήν η διατήρηση του σημασιολογικού περιεχομένου» (Κεντρωτής, 1996:35).

Στην Επιστήμη της Μετάφρασης η «ισοδυναμία» καλείται κυρίως να περιγράψει σχέσεις δημιουργούμενες στο επίπεδο των λέξεων, των προτάσεων ή ακόμα και των κειμένων και σημαίνει αξιωματικά μια σχέση ανάμεσα σε ένα κείμενο (ή και κειμενικό στοιχείο) αφετηρίας και σε ένα κείμενο (ή και κειμενικό στοιχείο) αφίξεως (Κεντρωτής, 1996:265). Σύμφωνα με το κατφορδιανό αξίωμα, «μετάφραση είναι η αντικατάσταση κειμενικού υλικού σε μια γλώσσα (τη γλώσσα αφετηρίας) από ισοδύναμο κείμενο σε μια άλλη γλώσσα (τη γλώσσα αφίξεως)» (Catford, 1965:115 στο Κεντρωτής, 1996:265).

Ο Koller στην έρευνα του διακρίνει πέντε τύπους ισοδυναμίας:

- α) την καταδηλωτική ισοδυναμία, η οποία είναι σχετική με την εξωγλωσσική πραγματική κατάσταση που μεταφέρεται σε ένα κείμενο· στην Επιστήμη της Μετάφρασης καλείται αμεταβλητότητα του περιεχομένου του κειμένου·
- β) τη συνδηλωτική ισοδυναμία, η οποία προσανατολίζεται προς το είδος της ρήτευσης μέσω της ειδικής επιλογής που παρέχει η δυνατότητα εκφράσεως κυρίως δια της χρήσεως συνωνύμων σε επίπεδο ύφους, κοινωνιολέκτου, γεωγραφικών συντεταγμένων και συχνότητας επαναλήψεων· στην Επιστήμη της Μετάφρασης καλείται υφολογική ισοδυναμία·
- γ) την κειμενοκανονιστική ισοδυναμία, η οποία αναφέρεται στα είδη του κειμένου και στους κανόνες (νόρμες) της γλώσσας· στην Επιστήμη της Μετάφρασης καλείται, όπως και η συνδηλωτική ισοδυναμία, επίσης υφολογική ισοδυναμία·
- δ) την πραγματολογική ισοδυναμία, η οποία θέτει στο κέντρο του ενδιαφέροντος της τον δέκτη (αναγνώστη) της μετάφρασης· στην Επιστήμη της Μετάφρασης καλείται επικοινωνιακή ισοδυναμία και

ε) τη μορφική ισοδυναμία, η οποία σχετίζεται με συγκεκριμένες μορφικές-αισθητικές, γλωσσοθεματικές-παιγνιώδεις και εξατομικευμένες υφολογικές ιδιότητες του συντεταγμένου στη γλώσσα αφετηρίας κειμένου· στην Επιστήμη της Μετάφρασης καλείται ισοδυναμία στον καλλιτεχνικό-αισθητικό τομέα ή κατ' έκφρασιν ισοδυναμία (Koller, 1983:187 στο Κεντρωτής, 1996:281).

- Περί θεωρίας Σκοπού

Παραπάνω αναφερθήκαμε στην ισοδυναμία. Κατά τις δεκαετίες του 1970 και του 1980 αναδύθηκε μια νέα προσέγγιση στη μετάφραση· αυτή του Σκοπού. Πρωτεργάτες αυτής της θεωρίας ήταν ο Hans J. Vermeer and και η Katharina Reiss. Σύμφωνα με τη θεωρία του Σκοπού, όλα τα κείμενα επιτελούν ένα συγκεκριμένο σκοπό και πρέπει να μεταφράζονται κατά τέτοιο τρόπο από τον μεταφραστή, ώστε να μπορούν να λειτουργούν στη κατάσταση που θα χρησιμοποιηθούν και με τα άτομα που θέλουν να το χρησιμοποιήσουν και με τον τρόπο που θέλουν να λειτουργεί (Nord, 1997a:29).

Η Nord έθεσε κάποιους κανόνες βάσει των οποίων πρέπει ο εκάστοτε μεταφραστής να λειτουργεί. Ο πρώτος κανόνας της θεωρίας του Σκοπού (ή κανόνας Σκοπού) αναφέρει ότι ο σκοπός του κειμένου στόχος θα διαμορφώσει τις μεταφραστικές μεθόδους και στρατηγικές που θα χρησιμοποιηθούν. Ο δεύτερος κανόνας είναι ότι οι πληροφορίες του κειμένου στόχος από τον πολιτισμό στόχος βασίζονται στις πληροφορίες του κειμένου πηγή από τον πολιτισμό πηγή. Ο τρίτος κανόνας είναι ότι το κείμενο στόχος μπορεί να επιτελεί διαφορετική λειτουργία από αυτή του κειμένου πηγή, άρα δεν είναι αντιστρέψιμα. Ο τέταρτος κανόνας αναφέρεται στη συνοχή του κειμένου στόχος, πρέπει δηλαδή να είναι συνεκτικό για τους αποδέκτες του. Σύμφωνα με τον πέμπτο κανόνα, πρέπει να υπάρχει συνοχή ανάμεσα στις πληροφορίες του κειμένου πηγή που δέχεται ο μεταφραστής, στην ερμηνεία αυτών από τον μεταφραστή και στην ανακωδίκευση τους για τους αποδέκτες του κειμένου στόχος. Ο έκτος και τελευταίος κανόνας είναι ότι οι πρώτοι πέντε κανόνες είναι σε ιεραρχική σειρά και ο κανόνας Σκοπού είναι ο πιο σημαντικός (Nord 1997a: 29-31).

Ο Σκοπός ενός κειμένου διαμορφώνεται με βάση τις μεταφραστικές οδηγίες (translation brief), οι οποίες διαφέρουν ανά κείμενο. Σύμφωνα με την Nord (1997a: 60), οι μεταφραστικές οδηγίες πρέπει να περιέχουν: α) την (τις) επιδιωκόμενη (ες) κειμενική (ές) λειτουργία (ες), β) τον (τους) αποδέκτη (ες) του κειμένου στόχος, γ) το χρόνο και τον τόπο υποδοχής του κειμένου, δ) το μέσο μετάδοσης του κειμένου και ε) το λόγο παραγωγής ή αποδοχής του κειμένου.

Η κειμενική λειτουργία που αναφέραμε παραπάνω μπορεί αντίστοιχα να κατηγοριοποιηθεί ανάλογα με το ίδιο το κείμενο: α) αναφορική λειτουργία: αναφέρεται σε αντικείμενα και φαινόμενα του κόσμου και μπορεί να διακριθεί σε 1) πληροφοριακή (όταν στόχος είναι η ενημέρωση του αποδέκτη για ένα συμβάν, μια ανακάλυψη, κ.λπ.), 2) κατευθυντήρια (όταν το κείμενο αφορά π.χ. οδηγίες χρήσης κ.λπ.) ή 3) διδακτική (όταν εξυπηρετεί μαθησιακούς σκοπούς)· β) εκφραστική λειτουργία: αναφέρεται στην έκφραση της συμπεριφοράς ή των συναισθημάτων του πομπού προς τα αντικείμενα και τα φαινόμενα που πραγματεύεται το κείμενο· γ) κλητική λειτουργία: αποσκοπεί στο να δημιουργήσει συγκεκριμένες αντιδράσεις και συναισθήματα στον αποδέκτη του κειμένου· δ) φατική λειτουργία: αποσκοπεί στο να ξεκινήσει, να διατηρήσει ή να λήξει την επαφή μεταξύ πομπού και αποδέκτη του κειμένου (Nord, 1997b: 50).

- Περί επιστημονικών κειμένων

Προτού αναλύσουμε την κατηγορία των επιστημονικών κειμένων, θα αναφερθούμε στους κειμενικούς τύπους (Texttyp) και στα κειμενικά είδη (Textsorte). Ο κειμενικός τύπος σχετίζεται

με τη λειτουργία του κειμένου. Σύμφωνα με την Reiss (1977/89:108-9), τα κύρια χαρακτηριστικά κάθε κειμενικού τύπου είναι τα εξής: α) στα πληροφοριακά κείμενα, στόχος είναι η μετάδοση μιας πληροφορίας ή η ενημέρωση πάνω σε ένα θέμα· β) στα εκφραστικά κείμενα, ο συγγραφέας χρησιμοποιεί την αισθητική διάσταση της γλώσσας, για να μεταδώσει ένα καλλιτεχνικά οργανωμένο περιεχόμενο· γ) στα προτρεπτικά κείμενα, ο συγγραφέας προσπαθεί να πείσει τον αναγνώστη να δράσει με ένα ορισμένο τρόπο και να προβεί σε συγκεκριμένες ενέργειες, και τέλος, δ) στα οπτικοακουστικά κείμενα, που πρόκειται για κείμενα που εξαρτώνται από ένα εξωγλωσσικό τεχνικό υπόστρωμα και από μη γλωσσικά εκφραστικά μέσα (Reiss, 1971/2000:63). Τα τεχνικά (και επιστημονικά) κείμενα είναι κατά κύριο λόγο πληροφοριακά και περιγραφικά, ενώ η λειτουργία τους είναι συνήθως αναφορική. Το κειμενικό είδος αναφέρεται στις διάφορες κατηγορίες κειμένων, όπως π.χ. εγχειρίδια, περιγραφές προϊόντων, άρθρα εφημερίδας και επιστημονικά άρθρα. Τα κειμενικά είδη αντιστοίχως μπορεί να είναι επιστημονικά άρθρα, πρακτικά συνεδρίου, εγχειρίδια και οδηγοί, ιστοσελίδες κ.α.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του επιστημονικού λόγου είναι ότι πρόκειται για α) περιγραφικό λόγο, όπου γίνεται αντικειμενική παρατήρηση και αναλυτική περιγραφή των φαινομένων· β) ερμηνευτικό λόγο, με ερμηνευτική προσέγγιση και ανάλυση των φαινομένων· γ) ορθολογικός και αποδεικτικός λόγος, όπου γίνεται επίκληση στη λογική και στην αυθεντία για την απόδειξη των θέσεων/ισχυρισμών του πομπού· δ) απρόσωπος και αντικειμενικός λόγος, επίσημο και τυπικό ύφος, ουδέτερη οπτική γωνία· ε) κυριολεκτική λειτουργία της γλώσσας: ακριβής χρήση της γλώσσας, ύφος λιτό και αυστηρό, σαφήνεια και ακρίβεια των διατυπώσεων, απουσία σχημάτων λόγου· στ) χρήση ειδικού λεξιλογίου/ορολογίας ενός συγκεκριμένου επιστημονικού κλάδου· ζ) αξιοποίηση της προϋπάρχουσας επιστημονικής γνώσης, που σχετίζεται με το αντικείμενο της επιστημονικής μελέτης και η) αυστηρή λογική οργάνωση και δομική διάρθρωση: εύκολα μπορεί κανείς να διακρίνει τα βασικά μέρη του επιστημονικού κειμένου (πρόλογος, κύριο μέρος, επίλογος) και τις νοηματικές ενότητες, οι οποίες, συνήθως, προεξαγγέλλονται στην αρχή του κειμένου.

- **Περί μεταφραστικών τεχνικών**

Σύμφωνα με τους Vinay και Darbelnet (1958/1977:46-55 στο Τσίγκου, 2011:49), υπάρχουν επτά μεταφραστικές τεχνικές, οι οποίες μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες: οι τεχνικές άμεσης/κατά λέξη μετάφρασης και οι τεχνικές έμμεσης μετάφρασης. Αντιστοίχως, από αυτές τις δύο κατηγορίες προκύπτει ο εξής διαχωρισμός:

Στις τεχνικές άμεσης/κατά λέξη μετάφρασης κατατάσσονται:

α) δάνειο (λέξη η οποία μεταφέρεται αυτούσια ή προσαρμόζεται στη μορφολογία και φωνολογία της ΓΣ, β) έκτυπο (σύνταγμα το οποίο, εν είδη δανείου, μεταφέρεται κατά λέξη, είτε σεβόμενο τους κανόνες και τις δομές της ΓΣ (φραστικό έκτυπο), είτε εισάγοντας νέες (δομικό έκτυπο), γ) κατά λέξη μετάφραση.

Στις έμμεσες τεχνικές συμπεριλαμβάνονται:

α) μετάταξη (προϋποθέτει αλλαγή μέρους του λόγου περνώντας από τη μια γλώσσα στην άλλη, χωρίς να αλλάζει η σημασία), β) μετατροπή (αλλαγή οπτικής υπό την οποία αντιλαμβάνεται το μήνυμα ο ομιλητής κάθε γλώσσας), γ) ισοδυναμία (εύρεση αντίστοιχων επιφωνημάτων, ιδιωτισμών, παροιμιών, κλπ.), δ) προσαρμογή (εύρεση

αντίστοιχης πολιτισμικής πραγματικότητας στη ΓΣ, εφόσον δεν υπάρχει η ίδια ακριβώς πραγματικότητα στους δύο πολιτισμούς).

- Περὶ μεταφραστικών προβλημάτων και δυσκολιών

Πάρα πολύ συχνά, η έννοια 'μεταφραστικό πρόβλημα' συγχέεται ή/και ταυτίζεται με την έννοια 'μεταφραστική δυσκολία'. Ο βαθμός κατανόησης των δηλουμένων ενός κειμένου από τον μεταφραστή, με άλλα λόγια η δυσκολία ή η ευκολία κατανόησης ενός κειμένου, δεν απορρέει από το ίδιο το κείμενο αλλά από το απόθεμα γνώσεων του μεταφραστή σε σχέση με το θέμα που πραγματεύεται το κείμενο (πρβλ. Stolze, 2003:61). Τουναντίον, τα μεταφραστικά προβλήματα απορρέουν από το ίδιο το κείμενο. Τα μεταφραστικά προβλήματα συνεχίζουν να παραμένουν προβλήματα ακόμη και όταν ο μεταφραστής γνωρίζει πώς να τα αντιμετωπίσει με ταχύτητα και αποτελεσματικότητα. Σε αντίθεση με τις μεταφραστικές δυσκολίες, οι οποίες είναι υποκειμενικές, τα μεταφραστικά προβλήματα είναι αντικειμενικά ή, τουλάχιστον, διυποκειμενικά (Κελάνδριας, 2009).

Ως μεταφραστικό πρόβλημα ορίζεται ένα σημείο, το οποίο μπορεί να εμφανίζεται σε ένα τμήμα του κειμένου (μικροεπίπεδο) ή μπορεί να είναι και ολόκληρο το κείμενο (μακροεπίπεδο), και αναγκάζει τον μεταφραστή να πάρει μια συνειδητή απόφαση για την εφαρμογή μιας μεταφραστικής στρατηγικής, διαδικασίας και λύσης μέσα από μια γκάμα επιλογών (Montalt & González Davies, 2007:169). Η Nord (1997a:58-61) προτείνει τις εξής τέσσερις κατηγορίες μεταφραστικών προβλημάτων: α) πραγματολογικά μεταφραστικά προβλήματα, β) διαπολιτισμικά μεταφραστικά προβλήματα, γ) διαγλωσσικά μεταφραστικά προβλήματα και δ) κειμενοϊδιομορφικά μεταφραστικά προβλήματα. Πιο αναλυτικά, σε κάθε μετάφραση, ο μεταφραστής πρέπει να «χειριστεί» τις επικοινωνιακές συνθήκες της γλώσσας-πηγή και της γλώσσας-στόχος. Από τη διαφορά ανάμεσα στις συνθήκες αυτές προκύπτουν τα πραγματολογικά μεταφραστικά προβλήματα. Τα διαπολιτισμικά μεταφραστικά προβλήματα δημιουργούνται από τις διαφορές στις συμβάσεις των δύο πολιτισμών (π.χ. μονάδες μέτρησης, μορφές καθημερινής επικοινωνίας, αναφορά διεύθυνσης και χαιρετισμού κ.α.). Από τις δομικές διαφορές στο λεξιλόγιο, τη σύνταξη και τα υπερτμηματικά χαρακτηριστικά ανάμεσα στις δύο γλώσσες ανακύπτουν τα διαγλωσσικά μεταφραστικά προβλήματα. Τέλος, τα κειμενοϊδιομορφικά μεταφραστικά προβλήματα αφορούν τη μετάφραση μεταφορών, παρομοιώσεων, λογοπαιγνίων, ρητορικών σχημάτων, κ.α. Σύμφωνα με τον Wilss, οι δυσκολίες στη μετάφραση αποτελούν καθαρώς εμπειρικό φαινόμενο· αφ' ης στιγμής αναγνωρισθούν, μπορούν και να αναλυθούν με σχετική ακρίβεια. Υποστηρίζει ότι η καθεμιά μεταφραστική δυσκολία πρέπει να καθοριστεί και να περιγραφεί χωριστά εντός του σχετικού κειμενικού της περιβάλλοντος, στη πράξη όμως υπάρχει πλήθος μεταφραστικών δυσκολιών που δεν αναγνωρίζονται, όπως υπάρχουν και μεταφραστικές δυσκολίες που, ενώ αναγνωρίζονται, δεν ξεπερνιούνται. Τέλος, διατείνεται ότι η πλέον σύνθετη πλευρά της ανακάλυψης μεταφραστικών δυσκολιών είναι αυτή της αποτίμησης του βάσει του συγκειμένου τους (Wilss, 1982:174 στο Κεντρωτής, 1996:299, 303, 306, 308).

- Περὶ μεταφραστικής διαδικασίας

Ο Κεραμίδας (2015:151-162) αναλύει τα στάδια της μεταφραστικής διαδικασίας, όσον αφορά στα επιστημονικά κείμενα:

- Πραγματολογική έρευνα και μελέτη επί του θέματος που πραγματεύεται το προς μετάφραση κείμενο· πρώτο μέλημα του μεταφραστή είναι η προσεκτική ανάγνωση του κειμένου με σκοπό την πληρέστερη κατανόηση του.

- Σύνταξη γλωσσαρίου που προκύπτει από την αποδελτίωση όρων του κειμένου· στη συνέχεια ακολουθεί μια πρώτη προσπάθεια εξαγωγής της ορολογίας που περιέχεται στο κείμενο.
- Έρευνα σε έντυπες και ηλεκτρονικές πηγές για την απόδοση των αποδελτιωμένων όρων στα ελληνικά· για την εξεύρεση της ορολογίας, ο μεταφραστής συμβουλευεται πλήθος πηγών, οι οποίες κατά κύριο λόγο περιλαμβάνουν ιατρικά και βιοϊατρικά έντυπα λεξικά, ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων και άρθρα επιστημονικών περιοδικών που έχουν εκδοθεί στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.
- Τεκμηρίωση των προτεινόμενων αποδόσεων· για την τεκμηρίωση της προτεινόμενης ορολογίας είναι απαραίτητη η συμβουλή κειμένων της ίδιας θεματικής.
- Αντιμετώπιση ασαφούς-προβληματικής ορολογίας (πολυλεκτική, πολλαπλή ορολογία)· οι προβληματικοί όροι που δύναται να συναντηθούν σε ένα κείμενο, μπορούν να καταταχθούν σε διάφορες κατηγορίες: όροι που έχουν το ίδιο σημασιολογικό περιεχόμενο και απλώς χρησιμοποιούνται εναλλακτικά, πολυλεκτικοί όροι, όροι που αποδίδονται πολλαπλώς στη γλώσσα-στόχο, παγιωμένοι επιστημονικοί όροι.
- Πρώτη απόπειρα-πρόταση απόδοσης όρων στην ελληνική γλώσσα· σε πολλές περιπτώσεις, ο μεταφραστής έρχεται αντιμέτωπος με κείμενα που πραγματεύονται καινοτόμα ζητήματα, στα οποία υπάρχουν όροι που όχι μόνο δεν έχουν μεταφραστεί στην ελληνική γλώσσα, αλλά παρουσιάζουν δυσκολία στην κατανόηση και στην αγγλική πραγματικότητα. Σε αυτές τις περιπτώσεις προτείνεται η επεξήγηση του συγκεκριμένου όρου.
- Τελική αποσαφήνιση προβληματικών ή δυσνόητων σημείων· ένα επιπλέον ζήτημα που ανακύπτει συχνά κατά τη μεταφραστική διαδικασία είναι η απόδοση συγκεκριμένων λεξημάτων.
- Πλήρης κατανόηση και μετάφραση του κειμένου· τέλος, ο μεταφραστής προχωρά στη καθολική μετάφραση του κειμένου, η οποία διαδικασία περιλαμβάνει και την αναθεώρηση και επιμέλεια του κειμένου.

Για να μπορεί μια μετάφραση να θεωρηθεί ορθή, πρέπει να ληφθούν υπόψιν πέντε τομείς: συνοχή μεταξύ του κειμένου-πηγή και του κειμένου-στόχος, συνοχή μέσα στο ίδιο το κείμενο-στόχος, ορολογία, γραμματική και ύφος και επίσημη παρουσίαση (Montalt & González Davies, 2007:159, δική μου μετάφραση).

Μέρος Β': Ορολογία

- Περί ορολογίας

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνει ο Βαλεοντής και η Μάντζαρη (2006:1), ο όρος «ορολογία» έχει δύο σημασίες: 1. ο επιστημονικός κλάδος που έχει ως αντικείμενο τη μελέτη των σχέσεων μεταξύ των εννοιών και των κατασημάνσεων τους (όρων, ονομάτων, συμβόλων) και τη διατύπωση αρχών και μεθόδων που διέπουν αυτές τις σχέσεις σε οποιοδήποτε θεματικό πεδίο· και η εργασία της συλλογής, επεξεργασίας, διαχείρισης και παρουσίασης των ορολογικών δεδομένων σε μία ή περισσότερες γλώσσες, και 2. το σύνολο των όρων που ανήκουν στην ειδική γλώσσα ενός ορισμένου θεματικού πεδίου.

Ο Κεραμίδας (2015:25), βασιζόμενος στη θεωρία του Sager (1990) παραθέτει τον εξής ορισμό: Η ορολογία ορίζεται ως «η δημιουργία γλώσσας ενός συγκεκριμένου τομέα, με αποτέλεσμα να ανταποκρίνεται στις ανάγκες έκφρασης των χρηστών της».

Για ποιο λόγο, όμως, προκύπτει συνεχώς νέα ορολογία; Ο Κελάνδριος (2003:3-7) αναπτύσσει έξι παράγοντες, τους οποίους θα αναφέρουμε συνοπτικά: α) ο πρώτος από αυτούς είναι η εμφάνιση ενός νέου επιστημονικού κλάδου· β) ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη δημιουργία αλλά και τη μορφή της ορολογίας είναι το χρονικό βάθος του εκάστοτε επιστημονικού τομέα· γ) τρίτος εξίσου σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ορολογική διαδικασία είναι η κατάσταση ενός συγκεκριμένου τομέα, η οποία μπορεί να είναι «ταραχώδης» (όταν δημιουργούνται νέοι επιστημονικοί τομείς ή όταν ανατρέπονται οι κυρίαρχες θεωρίες και απόψεις) ή «αίθρια» (όταν έχουν παγιωθεί οι αντιλήψεις του επιστημονικού τομέα και, κατ' επέκταση, η ορολογία που τις περιγράφει)· δ) ένας τέταρτος παράγοντας είναι η αντίθεση ή η διάκριση, σε διάφορα στάδια της ανθρώπινης εξέλιξης, μεταξύ «θεωρητικών-μυθολογικών» και «πρακτικών-αντικειμενικών» τύπων γνώσης· ε) ο πέμπτος παράγοντας που μπορούμε να αναφέρουμε είναι οι περιφερειακές διαφορές στους ρυθμούς ανάπτυξης της επιστήμης, οι οποίες καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την κατεύθυνση του ορολογικού δανεισμού και στ) ο έκτος σημαντικός παράγοντας που μπορούμε να αναφέρουμε και που επηρεάζει τη διαμόρφωση και τη λειτουργία της ορολογίας είναι η ταυτόχρονη ύπαρξη της ορολογίας διαφόρων Σχολών επιστημονικής σκέψης, ιδίως στις κοινωνικές επιστήμες και τη φιλοσοφία.

- Περί Θεωρίας της Ορολογίας

Η θεωρία της Ορολογίας προσδιορίζεται σε σχέση με τρεις διαφορετικές διαστάσεις (Sager, 1990:13 στο Βαλεοντής και Μάντζαρη, 2006:2):

1. τη γνωσιακή (cognitive) διάσταση, που εξετάζει τις σχέσεις των εννοιών μεταξύ τους και μέσω αυτών των σχέσεων τη συγκρότηση των εννοιών σε δομημένα σύνολα γνώσης, τα συστήματα εννοιών (concept systems) σε κάθε τομέα της ανθρώπινης γνώσης, καθώς και την παράσταση των εννοιών με ορισμούς και όρους,
2. τη γλωσσική (linguistic) διάσταση, που εξετάζει τις υπάρχουσες γλωσσικές μορφές και τις εν
δυνάμει γλωσσικές μορφές που μπορούν να δημιουργηθούν για την απόδοση νέων εννοιών, και,

3. την επικοινωνιακή (communicative) διάσταση, που εξετάζει τη χρήση των όρων ως μέσων μεταφοράς της γνώσης σε διαφορετικές κατηγορίες αποδεκτών σε ποικίλες επικοινωνιακές περιστάσεις και δίνει περιεχόμενο στις δραστηριότητες της κατάρτισης (compilation), της επεξεργασίας (processing) και της διάχυσης (dissemination) των ορολογικών δεδομένων υπό τη μορφή ειδικών λεξικών (specialised dictionaries), γλωσσαρίων (glossaries) ή βάσεων ορολογικών δεδομένων (terminological databases) κτλ.

Βασική για τη θεωρία της Ορολογίας είναι η διάκριση ανάμεσα στα αντικείμενα (objects), που είναι οι οντότητες του εξωτερικού κόσμου, στις έννοιες (concepts), που είναι οι μονάδες γνώσης που αποτελούν τις νοητικές παραστάσεις των αντικειμένων, και στις κατασημάνσεις (designations) των εννοιών, που μπορεί να είναι όροι (terms), ονόματα (names) και σύμβολα (symbols). Η έννοια καθορίζεται περαιτέρω μέσω των σχέσεων (relations) που έχει με άλλες έννοιες και μέσω των ορισμών (definitions), οι οποίοι αποτελούν την περιγραφική, μεταγλωσσική δήλωση των εννοιών (Βαλεοντής και Μάντζαρη, 2006:1-2). Σύμφωνα με τον διεθνή ορισμό της έννοιας (Πρότυπο ISO 1087-1:2000) «ως έννοια (έν + νοῦς) ορίζεται η μονάδα γνώσης που δημιουργείται στο νου από ένα μοναδικό συνδυασμό χαρακτηριστικών» (Κεραμίδας, 2015:22).

- Περὶ ὅρου

«Ο ὅρος εἶναι ἡ (κατ)ονομασία, τὸ ὄνομα με τὸ ὁποῖο δηλώνεται μιὰ ἐννοια σὲ μιὰ ἢ περισσότερες γλώσσες» (Otman, 1996:13 στὸ Κεραμίδας, 2015:24). Σύμφωνα με τὸν Κεραμίδα (2015:23), ὅροι θεωροῦνται οἱ λεξικὲς πραγματώσεις (μονολεκτικὲς ἢ πολυλεκτικὲς) τῶν ἐννοιῶν ἐνὸς ἐπιστημονικοῦ ἢ τεχνικοῦ τομέα. Σύμφωνα με τὸν Διεθνή Ὄργανισμό Τυποποίησης (ISO) οἱ ὅροι διακρίνονται σὲ ἀπλοὺς καὶ σύμπλοκους. Ὁ ἀπλὸς ὅρος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα μόνο θέμα (stem) με ἢ χωρὶς πρόσθετα προθήματα (prefixes) ἢ ἐπιθήματα (suffixes) καὶ με ἢ χωρὶς κατάληξη (ending). Οἱ ἀπλοὶ ὅροι εἶναι μονοθεματικὲς λέξεις (δηλαδὴ ριζικὲς λέξεις ἢ παράγωγες λέξεις). Ὁ σύμπλοκος ὅρος ἀποτελεῖται ἀπὸ περισσότερα ἀπὸ ἕνα θέματα με ἢ χωρὶς πρόσθετα προθήματα ἢ ἐπιθήματα καὶ με ἢ χωρὶς κατάληξεις. Οἱ σύμπλοκοι ὅροι εἶναι πολυθεματικὲς λέξεις (δηλαδὴ σύνθετες λέξεις ἢ παρασύνθετες λέξεις) ἢ φράσεις (Βαλεοντής, Ζερίτη & Νικολάκη, 1999:4-5).

Σύμφωνα με τοὺς Βαλεοντή, Ζερίτη καὶ Νικολάκη (1999:15),

οἱ μονολεκτικοὶ σύμπλοκοι ὅροι δὲν εἶναι παρὰ σύνθετες λέξεις (σύνθετα) ἢ παράγωγες συνθέτων (παρασύνθετα). Ὁ περιφραστικὸς σύμπλοκος ὅρος (λέγεται καὶ σύνθετος ὅρος) εἶναι φράση που ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἢ περισσότερες λέξεις (δίλεκτο, τρίλεκτο,...) καὶ ἀντιπροσωπεύει ἀντίστοιχη ἐννοια (ειδική ἢ γενική) τοῦ σχετικοῦ θεματικοῦ πεδίου. Ὅπως προαναφέρθηκε οἱ μονολεκτικοὶ σύμπλοκοι ὅροι (σύμπλοκα μονόλεκτα) εἶναι σύνθετα καὶ παρασύνθετα τῆς ἀντίστοιχης γλώσσας καὶ ἐπομένως τὰ ἐλληνικὰ σύμπλοκα μονόλεκτα ἀκολουθοῦν τοὺς κανόνες τῆς σύνθεσης καὶ παραγωγῆς τῆς Ἑλληνικῆς Γλώσσας.

Όσον αφορά στους πολυλεκτικούς σύμπλοκους όρους, οι Ιορδανίδου et al. (2007) αναφέρουν ότι, «στις ειδικές γλώσσες, πολυλεκτικός σύμπλοκος όρος ονομάζεται κάθε όρος που αποτελείται από δύο ή περισσότερες λέξεις, τα οροστοιχεία του (οροστοιχείο είναι κάθε μορφολογικό μέρος ενός σύμπλοκου όρου (μονολεκτικού ή πολυλεκτικού) το οποίο είναι φορέας σημασίας ή έχει σημασιολογικά διαφοροποιητική αξία), και ο οποίος αντιπροσωπεύει μια αντίστοιχη έννοια, ειδική ή γενική, του σχετικού θεματικού πεδίου». Οι Βαλεοντής, Ζερίτη και Νικολάκη (1999:14) προσθέτουν ότι, «οροστοιχείο (term element) είναι κάθε μορφολογικό μέρος ενός όρου το οποίο είναι φορέας σημασίας ή έχει σημασιολογικά διαφοροποιητική αξία. Το οροστοιχείο μπορεί να είναι μια λέξη (word) (που μπορεί να υπάρξει ως αυθύπαρκτη χωριστή μονάδα σε μια πρόταση), μια ολόκληρη φράση (phrase) (σύνταξη λέξεων που αποτελεί η ίδια από μόνη της έναν όρο ή έναν προσδιορισμό), μια ρίζα (root) (που αποτελεί την ετυμολογική βάση για ολόκληρη οικογένεια λέξεων), ένα θέμα (stem) (που μπορεί να είναι όρος από μόνο του ή να αποτελέσει τη βάση ενός παραγώγου) ή τέλος ένα μόρφημα (morpheme) (που αποτελεί την ελάχιστη σημασιολογική μονάδα μιας γλώσσας και διακρίνεται σε πρόσφυμα (affix) – πρόθημα (prefix) ή επίθημα (suffix), που προηγείται ή έπεται αντίστοιχα ενός θέματος – και κατάληξη (ending)». Ο πολυλεκτικός όρος αποτελεί ένα δυαδικό σχηματισμό που μπορεί να αναλυθεί σε δυο μέρη, τα άμεσα συνθετικά, τα οποία αποτελούνται από ένα ή περισσότερα οροστοιχεία το καθένα. Συνήθως, το ένα από τα άμεσα συνθετικά είναι το προσδιοριζόμενο και το άλλο το προσδιοριστικό. Κατά κανόνα, επίσης, το προσδιοριστικό συνθετικό προσθέτει κάποιο χαρακτηριστικό που μετατρέπει την γένια έννοια (γένος) του προσδιοριζόμενου συνθετικού σε είδια έννοια (είδος) του σύμπλοκου όρου (Βαλεοντής, Ζερίτη & Νικολάκη, 1999:14).

Επιπροσθέτως, οι Ιορδανίδου et al. (2007) επισημαίνουν ότι:

ο καθορισμός των δομών σχηματισμού των πολυλεκτικών όρων αφορά: α) τον προσδιορισμό των επιτρεπόμενων συντακτικών δομών τους και τη διατύπωση κανόνων για τον συνδυασμό των οροστοιχείων τους βάσει μορφοσυντακτικών χαρακτηριστικών και περιορισμών (π.χ. γραμματικών κατηγοριών, πτωτικών σχέσεων, ύπαρξη ή μη λειτουργικών λέξεων κτλ.), β) την αποτύπωση της εσωτερικής δομής τους βάσει της ορολογικής τους σύστασης, δηλαδή βάσει της πληροφορίας για το ποια από τα οροστοιχεία τους είναι όροι ή λέξεις της γενικής γλώσσας.

Τα πολυλεκτικά ονοματικά συνθετικά της νέας ελληνικής κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες: α) επίθετο + ουσιαστικό, β) ουσιαστικό + ουσιαστικό σε γενική, γ) ουσιαστικό + πρόθεση + ουσιαστικό, δ) ουσιαστικό + ουσιαστικό (ομοιόπτωτο). Οι σχέσεις ανάμεσα στα συνθετικά τους είναι είτε σχέσεις παράταξης (μέλος φάντασμα) είτε σχέσεις εξάρτησης (ρυθμιστικό γονίδιο, ιός της λύσσας, αντισυλληπτικά από το στόμα).

Οι πολυλεκτικοί όροι υπόκεινται στους ακόλουθους περιορισμούς, γεγονός που αποδεικνύει υψηλό βαθμό παγίωσης: κανένα συνθετικό δεν μπορεί να προσδιοριστεί ξεχωριστά, δεν είναι δυνατή η παρατακτική ή συμπλεκτική σύνδεση ενός συνθετικού με ένα ξένο στοιχείο, υπάρχουν περιορισμοί ως προς την παρουσία/απουσία άρθρων, υπάρχουν περιορισμοί στον αριθμό, το προσδιοριστικό επίθετο δεν μπορεί να λειτουργήσει ως κατηγορούμενο, σε ορισμένα συμφραζόμενα είναι δυνατή η απαλοιφή κάποιου συνθετικού, δεν είναι δυνατή συνήθως η αντικατάσταση ενός συνθετικού από κάποιο συνώνυμο ή αντώνυμο του (Ιορδανίδου et al., 2007).

- Περί σχηματισμού όρων

Σύμφωνα με τον Sager (1990:80 στο Βαλεοντής, 2006:3-4), διακρίνονται δύο είδη σχηματισμού όρων σε σχέση με τις πραγματολογικές συνθήκες δημιουργίας τους: ο πρωτογενής σχηματισμός όρου (primary term formation) και ο δευτερογενής σχηματισμός όρου (secondary term formation). Η πρωτογενής δημιουργία συνοδεύει το σχηματισμό της έννοιας και είναι μονογλωσσική. Η δευτερογενής δημιουργία συμβαίνει όταν ένας νέος όρος δημιουργείται για υπάρχουσα έννοια στις εξής δύο περιπτώσεις: α) ως αποτέλεσμα αναθεώρησης του όρου στο πλαίσιο της ίδιας μονογλωσσικής κοινότητας, π.χ. η δημιουργία όρου στο πλαίσιο ενός τυποποιητικού εγγράφου (προτύπου – standard) ή ο αναβαπτισμός (rebaptism) ενός όρου ως αποτέλεσμα ανακάλυψης μιας νέας οντότητας στον ίδιο γνωστικό τομέα (π.χ. το τηλέφωνο ονομάζεται σταθερό τηλέφωνο μετά την ανακάλυψη του κινητού τηλεφώνου). β) ως αποτέλεσμα της μεταφοράς γνώσης σε άλλη γλωσσική κοινότητα, στην οποία πρέπει να δημιουργηθεί αντίστοιχος όρος. Η περίπτωση αυτή αφορά και την παραγωγή των όρων στην ελληνική γλώσσα.

Στην ελληνική, όπως και σε άλλες γλώσσες (π.χ. αγγλική, γαλλική) υπάρχουν τρεις γενικοί τρόποι σχηματισμού όρων: α) η δημιουργία νέων μορφών (νεοόρων) β) η χρήση υπαρχουσών μορφών και γ) ο διαγλωσσικός δανεισμός.

α) Οι νέες μορφές (νεοόροι) είναι νέες λεξικές οντότητες που δεν υπήρχαν προηγουμένως και αποτελούν είδος νεολογισμού. Τρεις είναι οι κύριοι μηχανισμοί δημιουργίας νέων μορφών: η **παραγωγή**, η **σύνθεση** και η **συντόμευση**. Η **παραγωγή** δίνει παράγωγους απλούς όρους. σχηματίζονται νέοι μονολεκτικοί όροι με την προσθήκη ενός ή περισσότερων προσφυσμάτων, σε μια ρίζα ή σε μια λέξη. Οι όροι που προκύπτουν από την παραγωγή είναι παράγωγες λέξεις από απλές πρωτότυπες λέξεις (παράγωγα) ή παράγωγες λέξεις από σύνθετες πρωτότυπες λέξεις (παρασύνθετα). Η **σύνθεση** διακρίνεται περαιτέρω στη σύμπληξη και στη σύμμιξη. Σχηματίζονται νέες μορφές με συνδυασμό δύο ή περισσότερων λέξεων ή λεξικών στοιχείων που ήδη υπάρχουν. Η σύνθεση εδώ αποτελεί γενίκευση της κλασικής σύνθεσης της γραμματικής. Στα σύνθετα που προκύπτουν από αυτήν τη διεργασία συμπεριλαμβάνονται μονολεκτικοί σύμπλοκοι όροι (που είναι τα κλασικά σύνθετα ή πολυσύνθετα ή επισύνθετα), πολυλεκτικοί (σύμπλοκοι) όροι και συμμείγματα. Η **συντόμευση** διακρίνεται περαιτέρω στη δημιουργία συντομογραφίας, συνοπτικής μορφής, συντετμημένης μορφής, αρκτικόλεξου ή ακρωνύμου. Είναι δημιουργία μορφής (είτε γραπτής είτε γραπτής και προφορικής) πιο σύντομης από την πλήρη μορφή ενός όρου ή ενός ονόματος. Διακρίνονται οι ακόλουθοι τύποι συντομομορφής: • **συντομογραφία**: γραπτή συντομομορφή που προκύπτει με παράλειψη λέξεων και/ή τμημάτων λέξεων της πλήρους μορφής, αλλά προφέρεται όπως ακριβώς η πλήρης μορφή • **συνοπτική μορφή**: συντομομορφή ενός πολυλεκτικού όρου ή ονόματος που περιλαμβάνει λιγότερες λέξεις από την πλήρη μορφή για την απόδοση της ίδιας έννοιας • **συντετμημένη μορφή**: συντομομορφή ενός μονολεκτικού όρου ή ονόματος που σχηματίζεται με παράλειψη του πρώτου, του μεσαίου, ή του τελευταίου τμήματος του όρου ή ονόματος. • **αρκτικόλεξο**: συντομομορφή που σχηματίζεται από τα αρχικά γράμματα καθενός από τα στοιχεία της πλήρους μορφής ενός σύμπλοκου όρου ή ονόματος και προφέρεται με διαδοχική απαγγελία των ονομάτων των γραμμάτων της. • **ακρώνυμο**: συντομομορφή που σχηματίζεται από τα αρχικά γράμματα ή συλλαβές όλων ή μερικών από τα στοιχεία της πλήρους μορφής ενός σύμπλοκου όρου ή ονόματος και προφέρεται πάντοτε συλλαβικά σαν κανονική λέξη.

β) Στη δημιουργία νέων όρων από υπάρχουσες μορφές χρησιμοποιούνται οι διεργασίες: **μετατροπή** (είναι η μορφοσυντακτικά διαφοροποιημένη χρήση της ίδιας μορφής), **οροποίηση** (διεργασία με την οποία μια λέξη ή φράση της γενικής γλώσσας μετατρέπεται σε όρο που κατασημαίνει έννοια σε ειδική γλώσσα), **διαθεματικός δανεισμός** (γνωστός και ως εσωτερικός δανεισμός, αναφέρεται στις περιπτώσεις εκείνες όπου μία ειδική κατασήμανση σε ένα θεματικό πεδίο επαναχρησιμοποιείται σε άλλο θεματικό πεδίο για να παραστήσει μια διαφορετική έννοια) και **σημασιολογική μεταφορά** (διεργασία μέσω της οποίας υπάρχων όρος σε μια ειδική γλώσσα χρησιμοποιείται για να κατασημάνει άλλη έννοια με λογική επέκταση)· πρέπει όμως να

λαμβάνεται υπόψη ότι η χρησιμοποίηση υπαρχουσών μορφών ως έχουν μπορεί να οδηγήσει σε ομωνυμία (όπως π.χ. στην οροποίηση και στον διαθεματικό δανεισμό) με αποτέλεσμα σύγχυση ή αμφισημία. Η χρήση τους, όμως, σε νέους συνδυασμούς (όπως π.χ. με παραγωγή ή σύνθεση), είναι χρησιμότερη.

γ) Ο διαγλωσσικός δανεισμός, σύμφωνα και με την αρχή της γλωσσικής εντοπιότητας (βλ. παρακάτω) καλό είναι να αποφεύγεται. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, όπως στους όρους που είναι ή περιέχουν ξενόγλωσσο κύριο όνομα (π.χ. οι μονάδες μέτρησης) όπου ο διαγλωσσικός δανεισμός είναι μονόδρομος. Ο διαγλωσσικός δανεισμός είναι είτε **άμεσος δανεισμός** είτε **μεταφραστικός δανεισμός**. Ο **άμεσος δανεισμός** είναι η πλήρης υιοθέτηση όρων από άλλες γλώσσες κατά τη διαδικασία του δευτερογενούς σχηματισμού όρων. Τα άμεσα δάνεια, κατά κανόνα, μεταγράφονται με ελληνικούς χαρακτήρες στην κοντινότερη απόδοση της προφοράς του ξενόγλωσσου όρου – με τον απλούστερο δυνατό τρόπο – και εντάσσονται στο φωνολογικό σύστημα της ελληνικής (δηλαδή δεν προφέρονται με φθόγγους που δεν έχει η ελληνική γλώσσα). Κατά τον **μεταφραστικό δανεισμό** τα μορφολογικά στοιχεία (μορφήματα ή ολόκληρες λέξεις) ενός όρου της γλώσσας πηγής μεταφράζονται στοιχείο προς στοιχείο για να σχηματίσουν έναν νέο όρο στη γλώσσα στόχου.

(http://www.eleto.gr/download/Orogramma/Or103_V04.pdf)

Σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ 402, υπάρχουν επτά βασικές αρχές σχηματισμού όρων, όπως αυτές αναφέρονται στο τεύχος 102 του Ορογράμματος: α) **διαφάνεια** (transparency), β) **συνέπεια** (consistency), γ) (γλωσσική) **καταλληλότητα** (appropriateness), δ) (γλωσσική) **οικονομία** (linguistic economy), ε) **παραγωγικότητα** (και συνθετικότητα) (derivability and compoundability), στ) (γλωσσική) **ορθότητα** (linguistic correctness), ζ) (γλωσσική) **εντοπιότητα** (preference for native language).

Ο **διαφανής** όρος αφήνει – από τη μορφή του – να δια-φανεί (να διακριθεί, να ξεχωρίσει), έστω και μερικώς, η έννοια την οποία αυτός κατασημαίνει, χωρίς κανέναν ορισμό. Δηλαδή η μορφολογία του όρου αποκαλύπτει, ως ένα βαθμό, την έννοια. Το σύστημα εννοιών ενός θεματικού πεδίου δεν αποδίδεται με μια αυθαίρετη και τυχαία συλλογή όρων, αλλά με ένα σύστημα όρων. Κάθε νεοδημιουργούμενος όρος οφείλει να εντάσσεται στο σύστημα αυτό και να είναι **συνεπής** με αυτό· π.χ. νέα είδη ή μέρη θα οροδοτούνται με τρόπο ανάλογο προς τα υπάρχοντα είδη ή μέρη, εφόσον ενδείκνυται τέτοια αναλογία. Σύμφωνα με την αρχή της **καταλληλότητας**, τα σημασιολογικά σχήματα που ακολουθούνται για τον σχηματισμό των όρων πρέπει να είναι οικεία και καθιερωμένα μέσα στη γλωσσική κοινότητα στην οποία απευθύνονται. Η ανατροπή στη χρήση τέτοιων σχημάτων συντελεί στον σχηματισμό όρων που προκαλούν σύγχυση. Για παράδειγμα, στις οικογένειες λέξεων η παραβίαση των μεταξύ των συγγενών σχέσεων, όπως π.χ. με τη λανθασμένη χρήση παραγωγικών καταλήξεων ή συνθετικών, οδηγεί σε ακατάλληλους όρους. Η αρχή της γλωσσικής **οικονομίας** απαιτεί ο όρος να είναι όσο το δυνατόν πιο συνοπτικός. Η αρχή της **παραγωγικότητας** και συνθετικότητας απαιτεί να προτιμώνται σχηματισμοί όρων που ευνοούν την περαιτέρω παραγωγή και σύνθεση για τη δημιουργία άλλων όρων της ίδιας οικογένειας όρων· δηλαδή σχηματισμοί που ευνοούν τη δημιουργία παραγώγων και συνθέτων, σύμφωνα με τους κανόνες παραγωγής και σύνθεσης της ελληνικής γλώσσας. Η αρχή της γλωσσικής **ορθότητας** απαιτεί να προτιμώνται σχηματισμοί όρων που συμμορφώνονται με τα μορφολογικά, μορφοσυντακτικά και φωνολογικά πρότυπα της αντίστοιχης γλώσσας. Η αρχή της γλωσσικής **εντοπιότητας** απαιτεί ότι: ακόμα και αν ο άμεσος δανεισμός από άλλες γλώσσες είναι αποδεκτή μορφή δημιουργίας όρων, θα πρέπει, έναντι των άμεσων δανείων, να δίνεται προτεραιότητα στη γλώσσα του τόπου όπου θα χρησιμοποιηθεί ο όρος, εν προκειμένω στην ελληνική γλώσσα. Οι αρχές της **εντοπιότητας**, της **ορθότητας** και της **καταλληλότητας** θεωρούνται θεμελιώδεις και πρέπει οπωσδήποτε να πληρούνται από τον εξεταζόμενο υποψήφιο όρο.

(http://www.eleto.gr/download/Orogramma/Or102_V05.pdf)

- Περί κανόνων

Πέρα από τις αρχές και τους μηχανισμούς σχηματισμού όρων που αναφερθήκαμε παραπάνω, έχουν προκύψει κάποιοι κανόνες που εφαρμόζονται κατά τη δημιουργία ορολογίας. Ο πρώτος είναι ο «Αναλογικός Κανόνας» που προτάθηκε από τον Βαλεοντή (1997: 10,16) και αφορά στη δημιουργία στη γλώσσα στόχου όρου ισοδύναμου με αυτόν της γλώσσας πηγής. Ορισμός: Κατά τον σχηματισμό ενός όρου σε μια γλώσσα (γλώσσα στόχου) για την ονοματοδότηση μιας νέας έννοιας που έχει ονοματοδοτηθεί πρωτογενώς σε μια άλλη γλώσσα (γλώσσα πηγής) πρώτη από τις επιλογές που θα εξετάσει ο ονοματοθέτης πρέπει να είναι: η εφαρμογή μηχανισμού σχηματισμού ανάλογου προς το μηχανισμό σχηματισμού του όρου της γλώσσας πηγής (Κεραμίδας, 2015:41-42). Ο δεύτερος κανόνας είναι ο Κανόνας του επιτυχημένου τρόπου, όπου πρόκειται για ενδογλωσσική διαδικασία, και δόθηκε στο τεύχος 59 του Ορογράμματος (http://www.eleto.gr/download/Orogramma/OR59_V09.pdf). Η κεντρική ιδέα αυτού του κανόνα είναι η χρήση δοκιμασμένων μηχανισμών δημιουργίας νεοόρων και γενικότερα νεολογισμών, εφόσον οι εν λόγω μηχανισμοί έχουν αποδώσει άριστα αποτελέσματα κατά το παρελθόν. Ορισμός: Όταν ένας τρόπος (παραγωγής, σύνθεσης, παρα-σύνθεσης, σύνταξης κ. ά.) έχει εφαρμοστεί στην ελληνική γλώσσα, έστω και σε μια μόνο περίπτωση, και έχει λειτουργήσει και λειτουργεί με επιτυχία (χωρίς κανένα πρόβλημα) τότε ο τρόπος αυτός είναι αποδεκτός και επιτρέπεται η χρησιμοποίηση του και σε άλλες ανάλογες περιπτώσεις ή συνθήκες (Κεραμίδας, 2015:42-43).

Εν κατακλείδι, ο Αναλογικός Κανόνας και ο Κανόνας του επιτυχημένου τρόπου είναι δύο εργαλεία που: α) υποστηρίζουν την οροδοσία (ο πρώτος την δευτερογενή, ενώ ο δεύτερος τόσο την πρωτογενή όσο και την δευτερογενή), β) ο πρώτος έχει διαγλωσσική εφαρμογή, ενώ ο δεύτερος ενδογλωσσική εφαρμογή και γ) η χρήση αυτών των κανόνων από κοινού με τις αρχές σχηματισμού όρων και τους μηχανισμούς σχηματισμού ελληνικών όρων εξασφαλίζουν την δημιουργία σύγχρονων ελληνικών όρων που είναι γλωσσικά ορθοί, κατάλληλοι και συνεπείς με τη φυσική πορεία ανάπτυξης της ελληνικής γλώσσας (Κεραμίδας, 2015:43).

- Περί λεξιλογίου

Κατά την Cabré, τα κοινά χαρακτηριστικά ορολογίας και γενικού λεξιλογίου είναι: ίδιο φωνολογικό σύστημα, ίδιο σύστημα γραφηματικής απεικόνισης, ίδιο μορφολογικό σύστημα, ίδιο συντακτικό σύστημα, ίδιοι τύποι προτάσεων. Ωστόσο, η κύρια διαφορά μεταξύ ορολογίας και γενικού λεξιλογίου εντοπίζεται στο λεξικό καθώς αποτελείται από: λέξεις του γενικού λεξιλογίου, λέξεις που απαντώνται τόσο στα ειδικά όσο και στα γενικά λεξιλόγια, λέξεις που συναντώνται μόνο στα ειδικά λεξιλόγια. Τα τυπικά χαρακτηριστικά των ειδικών λεξιλογίων είναι τα εξής: μορφολογικοί σχηματισμοί από λατινικές ή αρχαίες ελληνικές ρίζες, συντομευμένοι τύποι και σύμβολα, ονοματοποιημένοι τύποι ρημάτων, σύνθετες ονοματικές φράσεις (Cabré, 1999 στο Κεραμίδας, 2015:26,31).

Το τι είναι ειδικός όρος ή όχι σε ένα θεματικό πεδίο ανάγεται στο τι είναι ειδική έννοια στο υπόψη πεδίο. Εδώ, θεωρούμε ειδική έννοια σε ένα θεματικό πεδίο κάθε έννοια που ανήκει αποκλειστικά ή που δημιουργήθηκε πρωταρχικά στο πεδίο αυτό. Οι όροι, λοιπόν, που αντιπροσωπεύουν ειδικές έννοιες του θεματικού πεδίου είναι ειδικοί όροι του πεδίου. Απεναντίας, οι διαπεδιακοί και γενικοί όροι αντιπροσωπεύουν διαπεδιακές και γενικές έννοιες,

αντίστοιχα, δηλαδή μη ειδικές έννοιες του υπόψη θεματικού πεδίου, γεγονός που δεν αποκλείει – όπως πολλές φορές συμβαίνει – να είναι ειδικές έννοιες σε άλλο θεματικό πεδίο και αποτελούν δάνειες έννοιες για το θεωρούμενο θεματικό πεδίο (Βαλεοντής, Ζερίτη & Νικολάκη, 1999:7). Ως γλώσσα για ειδικούς σκοπούς ή ειδική γλώσσα (LSP) περιγράφεται η γλώσσα των εξειδικευμένων κειμένων, η οποία περιγράφει συγκεκριμένα μη-γλωσσικά στοιχεία (Κεραμίδας, 2015:36).

Μέρος Γ': Σχολιασμός μεταφράσματος

- Περί του συγγραφέα

Ο βασικός συγγραφέας του κειμένου, Σωτήρης Νούσις, γεννήθηκε και μεγάλωσε στη Πάτρα. Έλαβε δίπλωμα ηλεκτρολόγου μηχανικού από το Πανεπιστήμιο Πατρών και μεταπτυχιακό δίπλωμα ειδίκευσης από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Αθηνών. Αυτή τη στιγμή εκπονεί την διδακτορική διατριβή του στο Πανεπιστημιακό Κολέγιο του Λονδίνου (University College London, UCL). Τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα περιλαμβάνουν απεικόνιση πεδίου φωτός, απεικόνιση σκηνών εκτός πεδίου ορατότητας και υπολογιστική φωτογραφία. Έχει συντελέσει στη συγγραφή πέντε ακόμη άρθρων που συμμετείχαν σε συνέδρια. Συγκεκριμένα, το άρθρο «A Theory of Fermat Paths for Non-Line-of-Sight Shape Reconstruction», έλαβε την υψηλότερη διάκριση, ως καλύτερο άρθρο του Συνεδρίου CVPR για το έτος 2019.

- Περί του κειμένου

Το παρόν κείμενο αποτελεί τη συμμετοχή του συγγραφέα στο Συνέδριο CVPR (Conference on Computer Vision and Pattern Recognition), το οποίο διοργανώθηκε από το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE). Πραγματεύεται το θέμα της Δομής από Κίνηση. Ουσιαστικά, το νόημα του πρωτοτύπου κειμένου είναι το πώς η λήψη εικόνων από πολλές οπτικές γωνίες, με τη χρήση μιας ειδικής κάμερας, μπορεί εν συνεχεία να δημιουργήσει μια τρισδιάστατη ανακατασκευή. Σύμφωνα, λοιπόν, με τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε παραπάνω, το κείμενο-πηγή είναι επιστημονικό άρθρο και τα τεχνικά (και επιστημονικά) κείμενα είναι κατά κύριο λόγο πληροφοριακά και περιγραφικά, ενώ η λειτουργία τους είναι συνήθως αναφορική. Αυτά τα χαρακτηριστικά ισχύουν και για το παρόν κείμενο, καθώς σκοπός του συγγραφέα είναι να ενημερώσει το αναγνωστικό κοινό σχετικά με τις εξελίξεις που αφορούν στη Δομή από Κίνηση. Εφόσον λοιπόν πρόκειται για επιστημονικό κείμενο, αντιλαμβανόμαστε κατευθείαν ότι τα περισσότερα προβλήματα, τα οποία και θα αναλύσουμε παρακάτω, είναι προβλήματα ορολογίας.

- Περί λειτουργίας του κειμένου

Συνεχίζοντας με τις μεταφραστικές οδηγίες, σύμφωνα με τη λίστα που είχε διαμορφώσει η Nord στο έργο της (1997a: 60), η επιδιωκόμενη κειμενική λειτουργία παραμένει η αναφορική. Γίνεται λόγος, δηλαδή, για μια ομοιολειτουργική (equifunctional) μετάφραση και ένα χαρακτηριστικό των ομοιολειτουργικών μεταφράσεων είναι ότι οι δέκτες δεν αντιλαμβάνονται συνήθως ότι διαβάζουν μια μετάφραση, και όχι ένα πρωτότυπο κείμενο (Κελάνδριας 2007:40). Εν συνεχεία, ως αποδέκτης του κειμένου-στόχος μπορεί να θεωρηθεί η επιστημονική κοινότητα που ασχολείται με τον συγκεκριμένο τομέα του επιστητού ή και (σπανιότερα) κάποιος που ενδιαφέρεται να ασχοληθεί μελλοντικά με αυτό το αντικείμενο. Ο χρόνος υποδοχής του κειμένου είναι το 2020, όταν και γίνεται η μετάφραση του πρωτοτύπου κειμένου, και τόπος υποδοχής είναι η Ελλάδα. Ως μέσο μετάδοσης του κειμένου μπορεί να θεωρηθεί είτε ο γραπτός λόγος, σε περίπτωση διανομής του άρθρου για διδακτικούς σκοπούς, είτε το διαδίκτυο, όπου δημοσιεύεται. Τέλος, ο λόγος παραγωγής του κειμένου ήταν η συμμετοχή του συγγραφέα στο Συνέδριο CVPR (Conference on Computer Vision and Pattern Recognition), το οποίο διοργανώθηκε από το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών.

Η πρόθεση του μεταφραστή, όπως είναι λογικό, είναι η απόδοση του νοήματος του πρωτοτύπου κειμένου. Λόγω της φύσεως του κειμένου δεν παρατηρήθηκαν προβληματισμοί ύφους, τόνου ή συναισθηματικά φορτισμένης γραφής και μεταφορικού λόγου που συναντώνται σε άλλου είδους κείμενα, καθώς πρόκειται για λόγο επιστημονικό και ορθολογιστικό, οπότε η μεταφορά των δοθέντων πληροφοριών ήταν σχετικά εύκολη, αν εξαιρέσουμε θέματα ορολογίας. Επιπλέον, χρειάστηκε να διατηρηθεί η πρόθεση και η προθετικότητα των

συγγραφέων, ώστε το μετάφρασμα να καταστεί κατανοητό και επεξηγηματικό. Η διατήρηση της δομής και του ύφους βοήθησε πολύ στην επίτευξη αυτού του στόχου. Ακόμα, η προθετικότητα είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αποδεκτότητα. Αφορά στη στάση του δέκτη κατά την επικοινωνία είτε αυτή επιτελείται μέσω γραπτού, είτε μέσω προφορικού λόγου και εξαρτάται όχι μόνο από την πρόθεση του συγγραφέα, αλλά και από την κατανόηση του μηνύματος εκ μέρους του δέκτη (<https://docplayer.gr/112435186-Enotita-6-kritiria-keimenikotitas-synektikotita-prothetikotita-diakeimenikotita-peristasiakotita-apodektotita.html>). Επιπροσθέτως, διατηρήθηκαν τα στοιχεία πιστότητας του πρωτοτύπου (παραδείγματα, αναφορές σε υπαρκτά πρόσωπα), η συνοχή (π.χ. επανάληψη, χρόνος και ποιόν ενεργείας, σύνδεση), η συνεκτικότητά του (σχέσεις αιτίας, χρόνου λόγου, σκοπού), η αναφορική λειτουργία και η διακειμενικότητά του. Συνοψίζοντας, με βάση τις μεταφραστικές οδηγίες και τον τύπο του κειμένου, διατηρήθηκε η μορφή του πρωτοτύπου και το ύφος. Πάρα ταύτα, έγιναν κάποιες προσθέσεις. Συγκεκριμένα, σε κάποιους όρους, έγινε πρόταση σημασιολογικής απόδοσης και για λόγους ορολογικής αβεβαιότητας διατηρήθηκε ο πρωτότυπος όρος σε παρένθεση. Επίσης, σε κάποια σημεία του πρωτοτύπου, ο συγγραφέας παραθέτει κάποιες παραπομπές χωρίς περαιτέρω επεξηγήσεις (π.χ. Then, the ray manifold constraints are combined to recover the LF pose with a numerical scheme borrowed from [26].), οπότε κρίθηκε απαραίτητη η προσθήκη κάποιων πληροφοριών, σχετικών με την παραπομπή.

- **Περί μεταφραστικής διαδικασίας**

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την μετάφραση του κειμένου-πηγή ήταν αυτή που περιέγραψε και ο Κεραμίδας (βλ. [Περί μεταφραστικής διαδικασίας](#)). Πρώτα, έγινε μια ανάγνωση του πρωτοτύπου κειμένου εις βάθος για την κατανόηση του νοήματος, παράλληλα με μελέτη παρόμοιων επιστημονικών κειμένων. Λόγω όμως δυσκολίας στην κατανόηση, πραγματοποιήθηκε και συνομιλία με τον ίδιο τον συγγραφέα για περαιτέρω επεξηγήσεις. Κατόπιν, ακολούθησε η σύνταξη ενός γλωσσαρίου με την ορολογία του κειμένου και, έπειτα, η έρευνα στο διαδίκτυο και σε έντυπες πηγές (λεξικά) για την εύρεση ορθής απόδοσης των όρων. Μέσα από αυτή την έρευνα προέκυψαν και οι πηγές τεκμηρίωσης της απόδοσης ορολογίας. Στις περιπτώσεις που προέκυψε κάποια δυσκολία, πραγματοποιήθηκε συνομιλία με τον επιβλέποντα καθηγητή για την παροχή βοήθειας, ως προς την διαδικασία αντιμετώπισης. Αφού ολοκληρώθηκε η σύνταξη του γλωσσαρίου, έγινε μια πρώτη προσπάθεια μετάφρασης του κειμένου. Κατά τη μετάφραση, προέκυψαν κάποια προβλήματα και δυσκολίες, τα οποία θα αναλυθούν παρακάτω. Όταν πλέον δεν υπήρχαν άλλα «αδύναμα» σημεία, έγινε και η καθολική μετάφραση του κειμένου. Τέλος, προστέθηκαν οι εικόνες, οι πίνακες και οι εξισώσεις που υπήρχαν στο κείμενο-πηγή, με την μέθοδο των screenshots, παράλληλα με τη μετάφραση των λεζάντων.

- **Περί βοηθημάτων**

Κατά τη μετάφραση του κειμένου έγινε χρήση τόσο έντυπων όσο και διαδικτυακών λεξικών. Ταυτόχρονα, έγινε αναζήτηση για παράλληλα κείμενα στην Αγγλική και στην Ελληνική για την καλύτερη κατανόηση του νοήματος. Πιο συγκεκριμένα, κάποιες διπλωματικές διατριβές υπήρξαν ιδιαιτέρως χρήσιμες για την αναζήτηση ορολογίας. Επιπροσθέτως, υπήρχε η δυνατότητα συνομιλίας με τον συγγραφέα του κειμένου. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στην αρχή της μεταφραστικής διαδικασίας, λόγω δυσκολίας κατανόησης του νοήματος, συνομιλήσα με τον συγγραφέα για επεξηγήσεις και βαθύτερη ανάλυση του πρωτοτύπου κειμένου. Κατά τη διάρκεια της μετάφρασης, τα σχόλια και οι παρατηρήσεις του υπήρξαν σωτήρια για την αποφυγή παρανοήσεων.

- Περί μεταφραστικών προβλημάτων

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (βλ. Περί μεταφραστικών προβλημάτων και δυσκολιών) υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ μεταφραστικών προβλημάτων και δυσκολιών. Οι δυσκολίες που προέκυψαν λόγω ανεπαρκούς εμπειρίας και γνώσης επι του συγκεκριμένου τομέα του επιστητού ήταν αρκετές, αλλά κατόπιν έρευνας και μελέτης επιλύθηκαν. Παρά ταύτα, τα μεταφραστικά προβλήματα που προέκυψαν ήταν ποικίλα, τα περισσότερα εκ των οποίων αφορούσαν την απόδοση νεόκοπων όρων ή διεπιστημονικών δανείων. Επειδή το κείμενο-πηγή ανήκει στην κατηγορία των επιστημονικών, δεν προέκυψαν προβλήματα πραγματολογικά, αφ' ης στιγμής που η λειτουργία και ο σκοπός σύνταξης των κειμένων είναι ίδια. Επιπλέον, ο επιστημονικός λόγος είναι ακριβής, αντικειμενικός και η γλώσσα χρησιμοποιείται με την κυριολεκτική σημασία της. Επομένως, δεν υπήρξαν αντιστοίχως ούτε διαγλωσσικά, αλλά ούτε κειμενοϊδιομορφικά μεταφραστικά προβλήματα. Τέλος, όσον αφορά στα διαπολιτισμικά μεταφραστικά προβλήματα, επειδή το πρωτότυπο άρθρο γράφτηκε σε Βρετανικά Αγγλικά, δεν δημιουργήθηκε πρόβλημα με τις μονάδες μέτρησης, καθώς και οι Βρετανοί χρησιμοποιούν το παγκόσμιο σύστημα μονάδων SI (Système Internationale).

Τα προβλήματα που προέκυψαν αφορούσαν σχεδόν αποκλειστικά στην ορολογία. Συγκεκριμένα, υπήρχαν αρκετά ακρωνύμια, κάποια εκ των οποίων διατηρήθηκαν και κάποια άλλα γράφτηκαν ολογράφως. Αναφέρουμε ενδεικτικά κάποια παραδείγματα και από τις δυο περιπτώσεις: *LF-Light Field*, *SfM-Structure from Motion*, *BA-bundle adjustment*, *BFS-breadth-first searches*. Στα πρώτα δυο παραδείγματα διατηρήθηκε το αγγλικό ακρωνύμιο, χάριν οικονομίας χώρου και χρόνου, καθώς συναντώνται πολλές φορές στο κείμενο και δεν υπάρχει αντίστοιχο ακρωνύμιο στην Ελληνική. Στα άλλα δυο παραδείγματα, το ακρωνύμιο αναλύθηκε και γράφτηκε ολογράφως με τη τεχνική του μεταφραστικού δανείου (Κελάνδριας, 2007:103-104). Κρίνουμε σκόπιμο να αναφέρουμε μια περίπτωση, στην οποία το ακρωνύμιο *uLF-SfM* αποτελεί δημιούργημα του συγγραφέα, χωρίς όμως να αναλύεται κάπου ολογράφως, οπότε και έπρεπε να μεσολαβήσει συνομιλία για την αποφυγή παρανόησης.

Επιπροσθέτως, παρατηρήθηκε σε αρκετά σημεία η ύπαρξη όρων με πολλαπλές αποδόσεις στα Ελληνικά. Αναφέρουμε κάποια ενδεικτικά παραδείγματα, τα οποία και θα αναλύσουμε με συντομία: *matrix*, *graph*, *implementation*, *pipeline*, *body frame*. Η λέξη *matrix* αποδίδεται συνήθως ως μήτρα. Στον τομέα της οπτικής όμως αποδίδεται ως *πίνακας*. Η λέξη *graph* μεταφράζεται ως γράφημα ή διάγραμμα. Σε παράλληλα κείμενα αποδίδεται ως *γράφος*, οπότε και προτιμήθηκε αυτή η απόδοση. Η λέξη *implementation* αποδίδεται σχεδόν πάντα ως εφαρμογή. Στη περίπτωση όμως που πρόκειται για αλγόριθμο, όπως συμβαίνει και στο παρόν κείμενο, μεταφράζεται ως *υλοποίηση*. Ακόμη, η λέξη *pipeline* αποδίδεται ως αγωγός/σωληναγωγός. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως, χρησιμοποιείται για να δηλώσει μια *σειριακή διαδικασία*. Τέλος, ο όρος *body frame* χρησιμοποιείται στην ανατομία, για να περιγράψει τον ανθρώπινο σωματότυπο. Στον τομέα της μηχανικής, δηλώνει ένα *σύστημα συντεταγμένων*. Και στα πέντε παραδείγματα που αναφέραμε επιγραμματικά παρατηρείται η τεχνική του διεπιστημονικού δανεισμού.

Ένα ακόμη πρόβλημα που προέκυψε ήταν οι νεολογισμοί ή λεξιπλασίες. Οι λεξιπλασίες είναι γλωσσικοί τύποι που εφευρίσκει συνειδητά ή χρησιμοποιεί τυχαία ένας ομιλητής σε μια μόνο συγκεκριμένη στιγμή (Crystal, 2003:240 στο Κελάνδριας, 2007:84). Οι νεολογισμοί που συναντήθηκαν στο πρωτότυπο κείμενο ήταν: *plenoptic*, *sub-aperture (image)*, *inlier*. Ο όρος *plenoptic* συνίσταται από τις λέξεις *plenum* (λατ.) και *όπτος* (αρχ. Ελλ.). Πρόκειται δηλαδή για έναν όρο μικτής προελεύσεως. Ο όρος *sub-aperture (image)* δηλώνει μια εικόνα, η οποία αποτελείται από εικονοστοιχεία που βρίσκονται στην ίδια θέση, επιλεγμένα από κάθε μια εικόνα μικροφακών στη φωτογραφία πεδίου φωτός. Ο όρος *inlier* επεξηγείται ως δεδομένα, των οποίων η κατανομή μπορεί να εξηγηθεί από κάποιο σύνολο παραμέτρων. Και στις τρεις περιπτώσεις, οι όροι δεν έχουν αποδοθεί στα Ελληνικά. Αυτό ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι ο τομέας της τρισδιάστατης ανακατασκευής με χρήση ειδικών καμερών δεν είναι τόσο ανεπτυγμένος στην Ελλάδα όσο στο εξωτερικό. Στα ελάχιστα ελληνικά κείμενα που

συναντώνται οι συγκεκριμένοι όροι, χρησιμοποιείται ο αγγλικός όρος, στρατηγική την οποία θα αναλύσουμε παρακάτω. Στο παρόν μετάφρασμα, για λόγους ορολογικής αβεβαιότητας έγινε πρόταση σημασιολογικής απόδοσης και παρατέθηκε σε παρένθεση ο πρωτότυπος όρος. Όπως αναφέρει ο Κεραμίδας (2015:110), η τακτική αυτή ακολουθείται όταν η ελληνική απόδοση δεν είναι εύχρηστη ή ιδιαίτερος διαδεδομένη και ως εκ τούτου μπορεί να μην γίνει κατανοητή ή να προκαλέσει σύγχυση.

- Συμπεράσματα

Κατά τη μετάφραση του πρωτοτύπου κειμένου εξήχθησαν κάποια συμπεράσματα. Πρώτον, η μετάφραση επιστημονικών κειμένων ενέχει κινδύνους, οι οποίοι ενδέχεται να μην προκύψουν στη μετάφραση άλλων κειμενικών τύπων. Παραδείγματος χάριν, στη περίπτωση ιατρικών κειμένων, αν γίνει τυπογραφικό λάθος, μπορεί να προκληθεί τραυματισμός ή και θάνατος. Στη περίπτωση τεχνικού κειμένου, όπως το πρωτότυπο, ένα λάθος στη μετάφραση μπορεί να προκαλέσει σύγχυση. Επομένως, είναι απαραίτητη η ακρίβεια, η συνέπεια και η προσοχή στην έκφραση. Δεύτερον, παρατηρήθηκε η εύρεση αρκετών νεολογισμών και η αδυναμία απόδοσης τους. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δύο παράγοντες. Η πρώτη εκδοχή είναι, ότι ο τομέας της οπτικής και συγκεκριμένα της τρισδιάστατης ανακατασκευής, είναι νεοσύστατος, επομένως δεν έχει υπάρξει μέχρι προσφάτως η ανάγκη απόδοσης σχετικών όρων. Η δεύτερη εκδοχή είναι, ότι, κατά τη μετάφραση κειμένων, η στρατηγική που ακολουθείται από πολλούς επιστήμονες (αλλά όχι μεταφραστές) να διατηρούν τους πρωτότυπους αγγλικούς όρους, έχει ως αποτέλεσμα την αδυναμία εύρεσης ήδη μεταφρασμένων ισοδύναμων όρων στην Ελληνική. Η στρατηγική αυτή εντοπίστηκε στα παραδείγματα που αναφέρθηκαν παραπάνω στη κατηγορία των νεολογισμών, όπου δεν βρέθηκε σε κανένα παράλληλο κείμενο στην Ελληνική προτεινόμενη απόδοση όρου. Σε ένα μόνο παράδειγμα που βρέθηκε στο πρωτότυπο κείμενο, βρέθηκε απόδοση στα Ελληνικά. Ο όρος *inter-/intra-frame* αποδίδεται στα Ελληνικά ως *δια-/ενδο-πλαισιακός*. Μολονότι διατίθεται η απόδοση του συγκεκριμένου όρου, στα περισσότερα κείμενα στην Ελληνική έχει διατηρηθεί ο αγγλικός όρος.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Catford, J. (1965). *A Linguistic Theory of Translation. An Essay in Applied Linguistics*. London: Oxford University Press.
- Crystal, D. (2003). *Λεξικό Γλωσσολογίας και Φωνητικής*. Μετάφραση από τα Αγγλικά από Ξυδόπουλος, Γ. Αθήνα: Πατάκης. (το πρωτότυπο έργο εκδόθηκε το 1941).
- Dubois, J., Giacomo, M., Guespin, L. & Marcellesi, C. (1973). *Dictionnaire de linguistique*. Paris: Larousse.
- Hartman, R. & Stork, F. (1972). *Dictionary of Language and Linguistics*. Amsterdam: Elsevier Science Ltd.
- Jakobson, R. (1959). On Linguistic Aspects of Translation. Σε *On Translation*. Επιμέλεια από Brower, R. Cambridge: HARVARD UNIVERSITY PRESS.
- Koller, W. (1983). *Einführung in die Übersetzungswissenschaft*. Heidelberg: UTB GmbH.
- Montalt, V. & González Davies, M. (2007). *Medical Translation Step by Step: Learning by Drafting*. Manchester: St. Jerome Publishing.
- Nord, C. (1997a). A functional typology of translation. Σε *Text Typology and Translation*. Επιμέλεια από Trosborg, A. Amsterdam: Benjamins Translation Library.
- Nord, C. (1997b). *Translating as a Purposeful Activity*. London, United Kingdom: Routledge.
- Otman, G. (1996). *Les Représentations Sémantiques en Terminologie*. Paris: Masson.
- Reiss, K. (1989). *Text types, translation types and translation assessment*. Μετάφραση από τα γερμανικά από Chesterman, A. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab. (Το πρωτότυπο έργο εκδόθηκε το 1977).
- Reiss, K. (2000). *Möglichkeiten und Grenzen der Übersetzungskritik*. Μετάφραση από τα γερμανικά από Rhodes, E. Manchester: St Jerome and American Bible Society. (Το πρωτότυπο έργο εκδόθηκε το 1971).
- Sager, J. (1990). *A Practical Course in Terminology Processing*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Schäffner, C. (2000). Running before Walking? Designing a Translation Programme at Undergraduate Level. Σε *Developing Translation Competence*. Επιμέλεια από Adab, B. Amsterdam: John Benjamins Publishing.
- Stolze, R. (Οκτώβριος 2003). Vagueness in Economic Texts as a Translation Problem. *Across Languages and Cultures*. 4(2):187-203.
- Vinay, J. & Darbelnet, J. (1958/1977). *Stylistique comparée du français et de l'anglais*. Paris: Didier.
- Wilss, W. (1982). *The Science of Translation: Problems and Methods*. Tübingen: John Benjamins Pub Co.

Ελληνική

- Βαλεοντής, Κ. (1997). *Ο αναλογικός κανόνας στην υπηρεσία της σύγχρονης ελληνικής ορολογίας*. Πρακτικά συνεδρίου από 1^ο «Ελληνική Γλώσσα και Ορολογία» που διεξήχθη στην Αθήνα. Φορέας διεξαγωγής: ΕΛΕΤΟ.
- Βαλεοντής, Κ. (2006). *Η Γλωσσική Διάσταση της Ορολογίας: Αρχές και Μέθοδοι Σχηματισμού Όρων*. Πρακτικά συνεδρίου από 1^ο «Translation: Between Art and Social Science» που διεξήχθη στην Αθήνα. Φορέας διεξαγωγής: Ελληνοαμερικανική Ένωση, Φιλοσοφική Σχολή του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Hellenic American University.
- Βαλεοντής, Κ., Ζερίτη, Κ. & Νικολάκη, Α. (1999). *Ο Ελληνικός Σύμπλοκος Όρος και η Χρήση της Γενικής ως Προσδιοριστικού Συνθετικού*. Αθήνα.
- ΕΛΕΤΟ. (2010). *Ορόγραμμα-Μηχανισμοί σχηματισμού ελληνικών όρων*. (Φυλλάδιο). Αθήνα: Βαλεοντής Κώστας.
- Ιορδανίδου, Α. (2007). *Ζητήματα αναγνώρισης των πολυλεκτικών σύμπλοκων όρων στον τομέα της βιοϊατρικής*. Πρακτικά συνεδρίου από 6^ο «Ελληνική Γλώσσα & Ορολογία» που διεξήχθη στην Αθήνα. Φορέας διεξαγωγής: ΕΛΕΤΟ.
- Κελάνδριας, Π. (2003). *Τα μη Γλωσσικά Στοιχεία ως Παράγοντες Σχηματισμού και Καθιέρωσης των Ειδικών Όρων*. Πρακτικά συνεδρίου από 4^ο «Ελληνική Γλώσσα και Ορολογία» που διεξήχθη στην Αθήνα. Φορέας διεξαγωγής: ΕΛΕΤΟ.
- Κελάνδριας, Π. (2007). *Η μετάφραση των οικονομικών κειμένων. Μια λειτουργική προσέγγιση*. Αθήνα: Δίαυλος.
- Κελάνδριας, Π. (2009). *Η ορολογική ασάφεια των οικονομικών κειμένων ως μεταφραστικό πρόβλημα*. Πρακτικά συνεδρίου από 7^ο Ελληνική Γλώσσα και Ορολογία που διεξήχθη στην Αθήνα. Φορέας διεξαγωγής: ΕΛΕΤΟ.
- Κεντρωτής, Γ. (1996). *Θεωρία και Πράξη της Μετάφρασης*. Αθήνα: Δίαυλος.
- Κεραμίδας, Σ. (2015). *Ζητήματα Ορολογίας στην Τεχνική Μετάφραση*. Αθήνα: Δίαυλος.
- Σταφυλίδης, Α. & Μιχελή, Γ. (2009). *Λεξικό Τεχνολογίας & Επιστημών*. 3η έκδοση. Αθήνα: Σταφυλίδης.
- Τσίγκου, Μ. (2011). *Γλωσσολογία & Μετάφραση*. Αθήνα: Δίαυλος.

Ιστογραφία

- Γκιοξάρη, Γ. (2010). *Τρισδιάστατη Ανακατασκευή Αντικειμένων και Κτηρίων με Γεωμετρία Πολλαπλών Όψεων*. Διδακτορική διατριβή. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/15763/1/DT2010-0176.pdf?fbclid=IwAR3m8Dzg-IrNXu_metUughrPCuGUKCZu_EasMG4-eN98ur5QbjH4wL6SNJE
- Μανιάνης, Δ. (2011). *Τρισδιάστατη αναπαράσταση χώρου από βιντεοσκοπήσεις κινούμενου αυτοκινήτου*. Διδακτορική διατριβή. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών. <https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%8>

[cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf](#)

- Φάκα, Σ. (2010). *Τρισδιάστατη ανακατασκευή αντικειμένων από φωτογραφίες (με χρήση Matlab)*.
Διδακτορική διατριβή. Πάτρα.
https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4204/1/%CE%A3%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%91_%CE%A6%CE%91%CE%9A%CE%91_%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97_HE%CE%A0.pdf
- http://3dcms.ipet.gr/wp-content/uploads/2013/11/3dcms_report_2_2_draft_web.pdf
- <http://ph113.edu.physics.uoc.gr/files/113-lexiko.pdf>
- http://www.eleto.gr/download/Orogramma/Or102_V05.pdf
- http://www.eleto.gr/download/Orogramma/Or103_V04.pdf
- http://www.eleto.gr/download/Orogramma/OR59_V09.pdf
- <https://docplayer.gr/112435186-Enotita-6-kritiria-keimenikotitas-synektikotita-prothetikotita-diakeimenikotita-peristasiakotita-apodektotita.html>
- iate.europa.eu

Πρωτότυπος όρος-Αγγλικά	Απόδοση όρου-Ελληνικά	Πηγή τεκμηρίωσης
3D point	τριδιάστατη θέση	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
3D reconstruction	τριδιάστατη ανακατασκευή	http://ikee.lib.auth.gr/record/290936?ln=el
absolute motion	απόλυτη κίνηση	http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2804/ptyxiaki_Marinos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
absolute pose recovery	αποκατάσταση απόλυτου προσανατολισμού	http://ecourses.dbnet.ntua.gr/fsr/17484/PH_OTOMOD_ODHGIES_03.pdf
absolute solver	απόλυτος επιλυτής	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
adjacency matrix	πίνακας σύνδεσης	http://ph113.edu.physics.uoc.gr/files/113-lexiko.pdf
algorithm	αλγόριθμος	ΕΠΥ;Ι.Βαγιανός, Πλήρες Συστηματικό και Αλφαβητικό Τρίγλωσσο Λεξικό, Αθήνα 1981-1983 (ΙΑΤΕ)
angular integration	γωνιακή ολοκλήρωση	http://www2.ucy.ac.cy/~fotis/phy331/Lectures/lecture07.pdf
angular resolution	γωνιακή ανάλυση	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2008R0117:20080210:EL:PDF
arbitrary camera projection function	αυθαίρετη συνάρτηση προβολής κάμερας	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
astigmatism	αστιγματισμός	ΙΑΤΡΟΤΕΚ (ΙΑΤΕ)
axis	άξονας	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0594:FIN:EL:PDF
back-projected ray	ακτίνα πίσω-προβολής	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf

		%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
baseline	γραμμή βάσης	Μόνιμη Ομάδα Τηλεπικοινωνιακής Ορολογίας(Μ.Ο.Τ.Ο.-Ο.Τ.Ε.) (IATE)
basis technique	τεχνική βάσης	http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/14545/1/DT2006-0062.doc
bin	στήλη	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
body frame	σύστημα συντεταγμένων	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
bootstrap	εκκίνηση	ΕΛΕΤΟ/Συλλογικό Μέλος ΜΟΤΟ (Μόνιμη Ομάδα Τηλεπικοινωνιακής Ορολογίας) - ΟΜΑΔΑ-ΚΑΤΣΑΡΑΚΗΣ (IATE)
breadth-first search	αναζήτηση κατά πλάτος	https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5468/1/Kallipos_Zachos-Ch6.pdf
bundle adjustment	προσαρμογή δέσμης	http://3dcms.ipet.gr/wp-content/uploads/2013/11/3dcms_report_2_2_draft_web.pdf
calibration	βαθμονόμηση	Ενιαίο Λεξιλόγιο Τηλεπικοινωνιακής Ορολογίας, ΟΤΕ, ΕΛΟΤ, ΜΟΤΟ, 1992' Ορολογία Διαστημικής Τηλεανιχνεύσεως, Ακαδημία Αθηνών, Δελτίο Επιστημονικής Ορολογίας και Νεολογισμών, Τ. 5, Αθήνα 1994. (IATE)
calibration matrix	πίνακας βαθμονόμησης	https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1316488/theFile/1316489
camera motion	κίνηση κάμερας	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
camera motion parameter	παράμετρος κίνησης κάμερας	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)

camera pair	ζευγάρι καμερών	https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/16474/1/TsagkarisApostolos_PhD2014.pdf
camera position	θέση κάμερας	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
camera translation vector	διάνυσμα μετατόπισης κάμερας	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/10639/6/Nemertes_Argyropoulos_%28geo%29.pdf
central camera	κάμερα γενικής προβολής	http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1923/hlg_00549.pdf?sequence=1&isAllowed=y
central descriptor	κεντρικός περιγραφέας	http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/epp/2009/MarisIoannis/attached-document-1307010642-147851-13586/maris2009.pdf
centre of projection	κέντρο προβολής	http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1923/hlg_00549.pdf?sequence=1&isAllowed=y
common perpendicular	κοινή κάθετος	http://users.auth.gr/papdes/Eutheia4.5.htm
compressed sparse row	δομή συμπιεσμένων αραιών γραμμών	https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/1324106
computation	υπολογισμός	Γ.Μαραγκός (ΙΑΤΕ)
concatenated image coordinates	συνδεδεμένες συντεταγμένες εικόνas	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
constituent	συνιστώσα	ΟΜΑΔΑ-Γ.Κατσαράκης & Σια Ε.Ε.-Έγκριση ΓΕΣΥ/ΕΛΕΤΟ (ΙΑΤΕ)
contribution	συνεισφορά	Ενιαίο Λεξιλόγιο Τηλεπικοινωνιακής Ορολογίας, ΟΤΕ, ΕΛΟΤ, ΜΟΤΟ, 1992 (ΙΑΤΕ)
convergence point	σημείο σύγκλισης	http://edu.eap.gr/pli/pli12/shmeiwseis/seires.pdf
converging light rays	συγκλίνουσες ακτίνες φωτός	http://users.auth.gr/vanidhis/Books/%CE%9A%CE%A5%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97%20-%20%CE%9F%CE%A0%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97/%CE%9A%CE%95%CE%A6.%20-%20%CE%93%CE%95%CE%A9%CE%9C%CE%95%CE%A4%CE%A1%CE%99%CE%9A%CE%9

		7%20%CE%9F%CE%A0%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97.pdf
coordinate frame	πλαίσιο συντεταγμένων	https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/SURVEY102/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/GeoAstro_chapter01.pdf
co-planar correspondence	ομοεπίπεδη αντιστοιχία	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
cornerness measure	μέτρηση γωνιότητας	http://library.tee.gr/digital/techr/1999/techr_1999_i_1_2_99.pdf
correctness	ορθότητα	Παν/μιο Πατρών (ΙΑΤΕ)
correspondence	αντιστοιχία	Μόνιμη Ομάδα Τηλεπικοινωνιακής Ορολογίας(ΜΟΤΟ-ΟΤΕ) (ΙΑΤΕ)
correspondence graph	γράφος αντιστοιχίας	http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/8913/1/PD2013-0012.pdf
cost function	συνάρτηση κόστους	https://www.aua.gr/drichoutis/Downloads/course%20downloads/Microeconomics%20I/Cost.pdf
covariance propagation algorithm	αλγόριθμος μετάδοσης συνδιακύμανσης	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
cubic complexity	κυβική πολυπλοκότητα	http://opencourses.uoa.gr/modules/document/index.php?course=DI13&download=/55a50eb4uQAb/55e413d0tta1/55e40ceevqdN.pdf
cutoff	σημείο αποκοπής	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:181:0001:0029:EL:PDF
dataset	σύνολο δεδομένων	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0187:FIN:EL:PDF
decouple	αποζευγνύω	Α.Χριστοδουλίδης, ηλεκτρολόγος μηχανικός, Α.Π.Θ. (ΙΑΤΕ)
density	πυκνότητα	Michigan Press,Λεξ.Τεχνικών και Επιστημονικών Όρων (ΙΑΤΕ)
density-based clustering	συσταδοποίηση βάσει πυκνότητας	ΕΛΕΤΟ/Συλλογικό Μέλος ΜΟΤΟ (Μόνιμη Ομάδα Τηλεπικοινωνιακής Ορολογίας) - ΟΜΑΔΑ-Γ.Κατσάρκης (ΙΑΤΕ) (ΣΥΝΘΕΣΗ)
descriptor extraction	εξαγωγή περιγραφέα	https://avrithis.net/data/cv/pdf/msc/2009.koumoulos.pdf
difference of Gaussians	χώρος διαφορών γκαουσιανών	https://avrithis.net/data/cv/pdf/msc/2009.koumoulos.pdf
discrepancy	απόκλιση	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:349:0001:0068:EL:PDF

distance ratio test	κριτήριο λόγου αποστάσεων	https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2187/3/chapter12.pdf
DLT (Direct Linear Transformation)	απευθείας γραμμικός μετασχηματισμός	http://library.tee.gr/vufind/Record/10027637/Description#tabnav
eigenvalue minimisation	ελαχιστοποίηση ιδιοτιμής	O.T.E. (IATE)
epipolar constraint	επιπολικός περιορισμός	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
epipolar geometry	επιπολική γεωμετρία	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%CE%A3%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%91_%CE%A6%CE%91%CE%9A%CE%91_%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97_HE%CE%A0.pdf
erroneous	λανθασμένος	Πανεπιστήμιο Πατρών (IATE)
essential matrix	βασικός πίνακας	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4204/1/%CE%A3%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%91_%CE%A6%CE%91%CE%9A%CE%91_%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97_HE%CE%A0.pdf
estimator	εκτιμητής	ICG-Ελληνικός Υαλουργικός Σύνδεσμος (IATE)
Euclidean distance	Ευκλείδεια απόσταση	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf

		83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
execution time	χρόνος εκτέλεσης	http://www.cs.uoi.gr/~efthym/Site/gradCAR_files/intro.pdf
exposure	έκθεση	Κ.Καγκαράκης,κας Ε.Μ.Π. (ΙΑΤΕ)
feature detection	ανίχνευση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
feature matching	αντιστοίχιση χαρακτηριστικών γνωρισμάτων	https://docplayer.gr/45583014-Aytomati-anagnorisi-omiliti-hrisimopointas-methodoys-taytopoiisis-kleistoy-synoloy.html
feature space	χώρος χαρακτηριστικών	http://artemis.library.tuc.gr/DT2006-0114/DT2006-0114.pdf
feature track	σύνολο θέσεων εικόνας	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ) http://www.robots.ox.ac.uk/~amb/docs/buc_hanan06interactive.pdf
fidelity	πιστότητα	Ο.Τ.Ε. (ΙΑΤΕ)
field curvature	καμπυλότητα πεδίου	http://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/42960/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CE%93%CE%B1%CE%B2%CF%81%CE%B9%CE%AE%CE%BB%20%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y
focal length	εστιακό μήκος	http://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/42960/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CE%93%CE%B1%CE%B2%CF%81%CE%B9%CE%AE%CE%BB%20%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y

		F%84%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CE%93%CE%B1%CE%B2%CF%81%CE%B9%CE%AE%CE%BB%20%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y
forward motion	κατεύθυνση προς τα εμπρός	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:233:0001:0094:EL:PDF
framework	πλαίσιο	N.Κυριάκης,δρ.μηχανολόγος-ηλεκτρολόγος μηχανικός,λέκτ.Α.Π.Θ. (IATE)
generalised camera	γενικευμένη κάμερα	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
generalised Perspective-n-Point problem	γενικευμένο πρόβλημα Perspective-n-Point (PnP)	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5435/1/MasterThesisFinal.pdf
generic BA engine	γενική μηχανή προσαρμογής δέσμης	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
geometric feature	γεωμετρικό χαρακτηριστικό	http://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/42960/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CE%93%CE%B1%CE%B2%CF%81%CE%B9%CE%AE%CE%BB%20%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y
geometric robust information criterion	κριτήριο αξιολόγησης γεωμετρικής πληροφορίας	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
gold standard	χρυσός κανόνας	ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ BTB (IATE)
Hellinger distance	απόσταση Hellinger	http://cosynet.auth.gr/sites/default/files/les_s16_17/2%20ENTROPY%20DEPENDENCE.pdf
histogram	ιστόγραμμα	Τ.Ε.Ε.,Πολύγλωσσο Τεχνικό Λεξικό Αρδεύσεων και Αποστραγγίσεων,Αθήνα 1975 (IATE)
homography	ομογραφία	http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1923/hlg_00549.pdf?sequence=1&isAllowed=y
image collection	συλλογή εικόνων	http://dlib.ionio.gr/ctheses/0405tab522k/Agathos_DigitalImagery.doc
image coordinates	συντεταγμένες εικόνας	http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1923/hlg_00549.pdf?sequence=1&isAllowed=y
image projection	προβολή εικόνων	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:009:0012:0013:EL:PDF
image ray	ακτίνα εικόνας	https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1320487/theFile

image score	σκορ εικόνας	http://ikee.lib.auth.gr/record/130185/files/Thesis_1663_Ktistakis.pdf
image sequence	ακολουθία εικόνων	https://elocus.lib.uoc.gr/dlib/1/1/b/metadata-a-dlib-1999traka.tkl
image set	σύνολο εικόνων	http://www.image.ece.ntua.gr/papers/311.pdf
imaging sensor	αισθητήρας απεικόνισης	http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/46770/14394.pdf?sequence=1;uav
implementation	εφαρμογή	Dec. 96/161/EC OJ L 40/96 p.26 (IATE)
incremental mapping	αυξανόμενη χαρτογράφηση	http://dspace.lib.ntua.gr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/44223/%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%A1%CE%AC%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y
initial pair	αρχικό ζεύγος	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4204/1/%CE%A3%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%91_%CE%A6%CE%91%CE%9A%CE%91_%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97_HE%CE%A0.pdf
initial reconstruction	αρχική ανακατασκευή	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/580/1/Nimertis_Pilou%28i%29.pdf
initialisation	αρχικοποίηση	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:205:0063:0084:EL:PDF
inlier ratio	ποσοστό δεδομένων εντός παραμέτρων	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
input size	μέγεθος εισαγωγής	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/12766
inter-frame correspondence	διαπλαισιακή αντιστοιχία	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
inter-frame feature	διαπλαισιακό χαρακτηριστικό	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
inter-frame matching	διαπλαισιακή αντιστοίχιση	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
inter-frame pairwise match	διαπλαισιακό ταίριασμα κατά ζεύγη	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
intersection	εμπροσθοτομία	Κ.Μανιάτης, Ε.Σοπογράφος Ε.Μ.Π (IATE)
intra-frame feature	ενδοπλαισιακό χαρακτηριστικό	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
intra-frame match	ενδοπλαισιακό ταίριασμα	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
iteration	επανάληψη	Ινστιτούτο Μελετών Περιβάλλοντος, Αθήνα, Ακαδημία Αθηνών (IATE)
iterative solution	επαναλαμβανόμενη λύση	http://dimoiiko.mysch.gr/work/mscis/SW_Patterns.pdf
iteratively	επαναληπτικά	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0242:FIN:EL:PDF
large scale	μεγάλης κλίμακας	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0210:FIN:EL:PDF

left-right consistency checking	έλεγχος συνεκτικότητας από αριστερή σε δεξιά (εικόνα) και ανάποδα	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
LF camera calibration technique	τεχνική βαθμονόμησης κάμερας LF	http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/8825/1/PD2011-0011.pdf
LF camera grid	πλέγμα κάμερας LF	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
light field	πεδίο φωτός	http://repository.library.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2321/CIED%20%CE%9A%CE%91%CE%9A%CE%91%CE%A1%CE%91.pdf?sequence=1&isAllowed=y
line	γραμμή	VE:Μόνιμη Ομάδα Τηλεπικοινωνιακής Ορολογίας(MOTO-ΟΤΕ)DF:Ε.Π.Υ. (ΙΑΤΕ)
line segment	τμήμα γραμμής	https://el.glosbe.com/el/en/%CE%84%CE%BC%CE%AE%CE%BC%CE%B1%20%CE%B3%CF%81%CE%B1%CE%BC%CE%BC%CE%AE%CF%82
linear subspace	γραμμικός υποχώρος	http://www.cs.uoi.gr/~cnikou/Courses/Information_Theory/Linear%20Codes.pdf
linear system	γραμμικό σύστημα	http://dSPACE.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/42960/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1_%CE%93%CE%B1%CE%B2%CF%81%CE%B9%CE%AE%CE%BB%20%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y
line-ray manifold	πολλαπλότητα γραμμής-ακτίνας	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ) https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY494/VLASTOS/papers/dict1.pdf
local minimum	τοπικό ελάχιστο	https://eclass.sch.gr/modules/document/file.php/EL817102/2.7%20pit.pdf
logarithmic scale	λογαριθμική κλίμακα	http://www.cse.uoi.gr/~tsiatouhas/MYY203/Section_4-2p.pdf
loop closure	τερματισμός βρόχου	https://free.openeclass.org/modules/document/file.php/IT211/%CE%95%CE%9A%CE%A0%CE%91%CE%99%CE%94%CE%95%CE%A5%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%9F%20%CE%A5%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%9F/imerida_pake.pdf
main lens	βασικός φακός	https://www.nikon.gr/el_GR/product/nikkor-lenses/auto-focus-lenses/fx/single-focal-length/af-s-nikkor-58mmf-1-4g
median	διάμεσος	Ελληνική Μαθηματική Εταιρία (ΙΑΤΕ)
median absolute deviation	μέθοδος μέσης απόλυτης απόκλισης	https://dias.library.tuc.gr/view/manf/67892

median translation	μετατόπιση διαμέσου	https://el.ovalengineering.com/photoacoustic-modulated-reflectance-studies-indirect-826404
metric coordinates	μετρικές συντεταγμένες	https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1316911/theFile
microlens array	συστοιχία μικροφακών	http://ikee.lib.auth.gr/record/290817/files/%CE%95%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%B2%CE%AC%CE%B8%CE%BF%CF%85%CF%82_%CE%B1%CF%80%CF%8C_%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82_%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82.pdf
midpoint method	μέθοδος μέσου σημείου	https://ocp.teiath.gr/modules/units/?course=ET_UNDER100&id=371
midpoint triangulation	τριγωνισμός μέσου σημείου	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
minimal solver	επιλυτής ελαχίστων σημείων	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
mode	επικρατούσα τιμή	(2) Multilingual Demographic Dictionary 1958 (IATE)
multi-camera array	συστοιχία πολλαπλών καμερών	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
multi-image feature track	σύνολο θέσεων από πολλαπλές εικόνες	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
multi-image matching	αντιστοίχιση πολλών εικόνων	http://3dcms.ipet.gr/wp-content/uploads/2013/11/3dcms_report_2_2_draft_web.pdf
multi-ocular stereo rig	πολύ-οπτική στέρεο διάταξη	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
multi-scale approach	προσέγγιση πολλαπλών κλιμάκων	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52008DC0875&from=EN
multi-view triangulation	τριγωνισμός πολλαπλών όψεων	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
noise level	επίπεδο θορύβου	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
noisy line correspondence	θορυβώδης αντιστοιχία γραμμής	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
non-central projection camera	κάμερα χωρίς κέντρο προβολής	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
non-convergent BA step	μη συγκλίνον στάδιο προσαρμογής δέσμης	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)

non-linear minimisation	μη γραμμική ελαχιστοποίηση	https://elearning.teicm.gr/file.php/472/P202_Ergasthrio2.pdf
non-linear optimisation	μη γραμμική βελτιστοποίηση	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%CE%A4%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%B7%20%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%83%CE%B7%20%CF%87%CF%8E%CF%81%CE%BF%CF%85%20%CE%B1%CF%80%CF%8C%20%CE%B2%CE%B9%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BF%CF%83%CE%BA%CE%BF%CF%80%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%BA%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%8D%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF%CF%85%20%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%BF%CF%85.pdf
non-linear refinement	μη γραμμική βελτίωση	http://olympias.lib.uoi.gr/jspui/bitstream/123456789/27187/1/%CE%9C.%CE%95.%CE%A6%CE%99%CE%9B%CE%99%CE%A0%CE%A0%CE%9F%CE%A5%20%CE%91%CE%93%CE%93%CE%95%CE%9B%CE%9F%CE%A3.pdf
non-parametric density function	μη παραμετρική συνάρτηση πυκνότητας	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5351/3/Nimertis_Kassara%28bio%29.pdf
numerical scheme	αριθμητικό σχέδιο	http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2010/mix_00695.pdf?sequence=1&isAllowed=y
object dimension	διάσταση αντικειμένου	https://www.chemeng.ntua.gr/courses/ts/yliko/slides_eisagwgh.pdf
octic polynomial	πολυώνυμο ογδού βαθμού	https://service.eudoxus.gr/search/file/48/full-68206848.pdf
optical centre	οπτικό κέντρο	http://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/42960/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CF%80%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AE%20%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1_%CE%93%CE%B1%CE%B2%CF%81%CE%B9%CE%AE%CE%BB%20%CE%92%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CF%82.pdf?sequence=1&isAllowed=y
optimal motion	βέλτιστη κίνηση	https://www.cs.umd.edu/~nkofinas/Projects/MinimacReport.pdf
outlier	ακραίο στοιχείο	http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/15763/1/DT2010-0176.pdf

overlapping fields-of-view	επικαλυπτόμενα πεδία όρασης	https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1320187/theFile
pairwise triangulation	τριγωνισμός κατά ζεύγη	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
parallex	παράλλαξη	http://users.auth.gr/users/0/7/017070/public_html/download/ph_gram.pdf
permutation matrix	πίνακας μετάθεσης	http://ph113.edu.physics.uoc.gr/files/113-lexiko.pdf
pinhole camera	κάμερα οπής	http://3dcms.ipet.gr/wp-content/uploads/2013/11/3dcms_report_2_2_draft_web.pdf
pipeline	σειριακή διαδικασία	http://www.cadlab.tuc.gr/courses/cad/chap1.pdf
pixel	εικονοστοιχείο	(3) ΕΛΚΕΠΑ ΛΟΠ (ΙΑΤΕ)
pixel disparity	απόκλιση pixel	https://docplayer.gr/9684483-Fotogrammetria-topografia.html
pixel location	θέση pixel	http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/hlk/2013/CharonitakisOrestis/attached-document-1369646203-465229-21817/CharonitakisOrestis2013.pdf
planar grid	επίπεδο πλέγμα	http://velos0.ltt.mech.ntua.gr/kgianna/grid/Notes_PDFs/surfacegrids.pdf
plane	επίπεδο	ΚΟΛ (ΙΑΤΕ)
plenoptic camera	κάμερα πλήρους οπτικής	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
plenoptic function	λειτουργία πλήρους οπτικής	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
plenoptic imaging	απεικόνιση πλήρους οπτικής	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
point cloud	σύννεφο σημείου	http://3dcms.ipet.gr/wp-content/uploads/2013/11/3dcms_report_2_2_draft_web.pdf
point feature	σημειακό χαρακτηριστικό	https://eclass.chania.teicrete.gr/modules/document/file.php/FP139/%CE%98%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%201/gis_notes_LAB_2009.1-17.pdf
point-ray manifold	πολλαπλότητα σημείου-ακτίνας	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ) https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY494/VLASTOS/papers/dict1.pdf
polynomial solver	επιλυτής πολυωνύμου	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
portable camera body	φορητή κάμερα	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce

		%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
pose change	αλλαγή προσανατολισμού	http://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/18616/%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20-%20%20%20%20%20%20%20%20-%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20.pdf?sequence=1
pose estimation	εκτίμηση προσανατολισμού	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/9571/1/Sikeridis_Diploma_Thesis.pdf
projection matrix	προβολικός πίνακας της κάμερας	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4204/1/%CE%A3%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%91_%CE%A6%CE%91%CE%9A%CE%91_%CE%94%CE%99%CE%A0%CE%9B%CE%A9%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%99%CE%9A%CE%97_HE%CE%A0.pdf
projection ray	ακτίνα προβολής	http://graphics.di.uoa.gr/slidesTT/chap8.pdf
prune	περικόπτω	http://www.europarl.europa.eu/sites/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+CRE+20010314+ITEMS+DOC+XML+V0//EL&language=EL
putatively	υποθετικά	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0832:FIN:EL:PDF
rad	Rad	Σ.Σιμόπουλος, β' καθηγ., Ε.Μ.Π. (IATE)
RANSAC (RANdom SAMpling Consensus)	αλγόριθμος RANSAC	http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/15763/1/DT2010-0176.pdf
ray bundle	δέσμη ακτίνων	https://docplayer.gr/9684483-Fotogrammetria-topografia.html
ray manifold constraint	περιορισμός πολλαπλότητας ακτίνας	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ) https://www.materials.uoc.gr/el/undergrad/courses/ETY494/VLASTOS/papers/dict1.pdf
ray-to-ray correspondence	αντιστοιχία ακτίνα-προς-ακτίνα	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
real-world experiment	πείραμα με πραγματικά δεδομένα	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/519/1/Nimertis_Kozanidis.pdf
reconstruction refinement	βελτίωση ανακατασκευής	http://3dcms.ipet.gr/wp-content/uploads/2013/11/3dcms_report_2_2_draft_web.pdf
refinement	βελτίωση	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0543:FIN:EL:PDF

rejection rule	κανόνας απόρριψης	http://users.auth.gr/users/5/9/018095/public_html/teaching/AppStats/SimpleRegression.pdf
relative motion	σχετική κίνηση	http://www.physics.ntua.gr/~dris/KLASIKHM_HXANIKH061015istotel.pdf
relative pose recovery	αποκατάσταση σχετικού προσανατολισμού	http://ecourses.dbnet.ntua.gr/fsr/17493/PH_OTOMOD_ODHGIES_05_AEROTRIGONISMOS.pdf
reproducible	αναπαραγώγιμος	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0049:REV1:EL:PDF
reprojection error	σφάλμα επαναπροβολής	http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/3856/1/GIA_TIPOMA.pdf
research strand	γραμμή ερευνητικών δράσεων	ESC Session 10.90 OJ C 31/91 p.14 (IATE)
resection	οπισθοτομία	Κ.Μανιάτης, Ε.Σοπογράφος Ε.Μ.Π (IATE)
Rodrigues parameters	παράμετροι Rodrigues	https://el.programqa.com/question/12933284/
rotation	περιστροφή	https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3189/1/02_chapter_2.pdf
rotation angle	γωνία περιστροφής	http://repfiles.kallipos.gr/html_books/50/Chapter_3/index.html
runtime	χρόνος λειτουργίας	http://www.europarl.europa.eu/
scale	κλίμακα	Α.Μορώνης, ηλεκτρολόγος μηχανικός Ε.Μ.Π., Κ.Καγκαράκης, καθηγητής Ε.Μ.Π. (IATE)
scale recovery	αποκατάσταση κλίμακας	http://photogram.tg.teiath.gr/wp-content/uploads/Grammatikopoulos_PhD.pdf
scene model	μοντέλο σκηνής	https://www.csd.uoc.gr/~hy474/lectures/animation.pdf
scene structure	δομή σκηνής	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
sensor	αισθητήρας	O.T.E. (IATE)

SIFT (Scale invariant feature transform) descriptor	περιγραφέας SIFT	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4693/1/%ce%a4%cf%81%ce%b9%cf%83%ce%b4%ce%b9%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b7%20%ce%b1%ce%bd%ce%b1%cf%80%ce%b1%cf%81%ce%ac%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%83%ce%b7%20%cf%87%cf%8e%cf%81%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%80%cf%8c%20%ce%b2%ce%b9%ce%bd%cf%84%ce%b5%ce%bf%cf%83%ce%ba%ce%bf%cf%80%ce%ae%cf%83%ce%b5%ce%b9%cf%82%20%ce%ba%ce%b9%ce%bd%ce%bf%cf%8d%ce%bc%ce%b5%ce%bd%ce%bf%cf%85%20%ce%b1%cf%85%cf%84%ce%bf%ce%ba%ce%af%ce%bd%ce%b7%cf%84%ce%bf%cf%85.pdf
skew	λοξά	ΟΔ (IATE)
software implementation	εφαρμογή λογισμικού	http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:141:0005:0010:EN:PDF
sparseness	αραιότητα	http://library.tee.gr/digital/m1051_1100/m1064_2/m1064_2_hatziargyriou.pdf
spatial arrangement	χωρική διάταξη	https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/tris/en/index.cfm/search/?trisaction=search.detail&year=2019&num=45&mLang=EL
spatial distribution	χωρική διανομή	http://www2.aueb.gr/users/boutsis/files/BSc_Thesis.pdf
spatial ray	χωρική ακτίνα	http://www.dbnet.ece.ntua.gr/pubs/uploads/DIPL-2005-12.pdf
spectral properties	φασματικές ιδιότητες	https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/4725?mode=full
Structure from Motion (SfM)	δομή από κίνηση	http://artemis.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/handle/123456789/15763?locale=el
sub-aperture image	εικόνα υπο-ανοίγματος	https://docplayer.gr/39655746-Ethniko-metsovio-polytehneio-systimata-rantartypoy-antistrofoy-synthetikoy-anoigmatos-isar-methodoi-veltistopoiisis-eikonas-isar.html
subsection	υποτμήμα	FR Art.19 ; Λεξιλόγιο του προϋπολογισμού των ΕΚ (IATE)
synthetic data	συνθετικά δεδομένα	https://www.openarchives.gr/aggregator-openarchives/edm/elocus/000018-dlib_7_f_d_metadata-dlib-1520854383-318341-24139.tkl
threshold	κατώτατο όριο	http://oceanis.lib2.uniwa.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1923/hlg_00549.pdf?sequence=1&isAllowed=y

thresholding	διαβάθμιση κατωτέρων ορίων	Ορολογία Διαστημικής Τηλεανιχνεύσεως, Ακαδημία Αθηνών, Δελτίο Επιστημονικής Ορολογίας και Νεολογισμών, Τεύχος 5, Αθήνα 1994 (ΙΑΤΕ)
trajectory	τροχιά	Π.Ντάλτας(ΚΕ.ΜΕ.ΔΙ),Λ.Καραπιτέρης (ΙΑΤΕ)
transitive closure computation	υπολογισμός μεταβατικότητας	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
translation	μετατόπιση	https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3189/1/02_chapter_2.pdf
translational component	στοιχείο μετατόπισης	http://oceanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3926/%CE%91%CE%9D%CE%95%CE%A0%CE%A4%CE%A5%CE%93%CE%9C%CE%95%CE%9D%CE%95%CE%A3%20%CE%9C%CE%95%CE%98%CE%9F%CE%94%CE%9F%CE%99%20%CE%95%CE%A6%CE%91%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%93%CE%97%CE%A3%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%91%CE%9D%CE%91%CE%9B%CE%9B%CE%A5%CE%A3%CE%97%CE%A3%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%98%CE%95%CE%A1%CE%9C%CE%9F%CE%93%CE%A1%CE%91%CE%A6%CE%99%CE%91%CE%A3.pdf?sequence=1&isAllowed=y
triangulating ray	ακτίνα τριγωνισμού	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
triangulation step	στάδιο τριγωνισμού	(ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ)
two-plane parameterisation	διεπίπεδη παραμετροποίηση	http://velos0.ltt.mech.ntua.gr/kgianna/diplomat/fp/kougioumtzian.pdf
undirected graph	μη προσανατολισμένος γράφος	https://www.csd.uoc.gr/~hy240b/current/material/teacherClasses/Section10.pdf
unit norm	κανόνας στοιχείου	http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/hlk/2011/loannouMarinos/attached-document-1326794056-903078-22836/loannou2011.pdf
unordered set	μη ταξινομημένο σύνολο	https://dspace.uowm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/640/Kourtoglou_Styliani.pdf?sequence=1&isAllowed=y
vertex	κορυφή	http://ph113.edu.physics.uoc.gr/files/113-lexiko.pdf
view planning	οργάνωση οπτικού πεδίου	https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/PHS191/presentations/CEREBELLUM.pptx
viewing ray	πρωτογενής ακτίνα	Α.Αλεξάκης,ΕΛΕΜΜΕ,Κέρκυρα (ΙΑΤΕ)
viewpoint	οπτική γωνία	http://dictionary.sensagent.com/%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%B3%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%el/
viewpoint configuration	ρύθμιση θέασης	http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/11231/Tempelis_1538.pdf?sequence=1&isAllowed=y

visibility mask	μάσκα ορατότητας	http://www.cs.uoi.gr/tech_reports/publications/PD-2010-1.pdf
world frame	σύστημα συντεταγμένων	http://ikee.lib.auth.gr/record/290936/files/diplwmatiki_evangelinou.pdf
world origin	αρχή αξόνων	http://ikee.lib.auth.gr/record/290936/files/diplwmatiki_evangelinou.pdf
Z-score	αποτέλεσμα Z	https://ine.otoe.gr/uploads/files/ine_lexiko_Z.pdf