

Mathematical Elements of Orienteering Maps

Dušan PETROVIČ

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia
dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si (ORCID: 0000-0001-5908-8180)

Abstract. Mathematical elements of maps, in addition to the methods of presenting content with cartographic symbols and the criteria of cartographic generalization, are the most important elements of modern ground plan view maps. At the same time, on maps for orienteering disciplines, which are the most internationally unified maps in the world, the mathematical basis is not defined in very detailed specifications. In this paper, we describe the background and reasons for the apparent insignificance of mathematical content in orienteering maps, and on the example of the analysis of selected maps of Croatia and Slovenia, we determine in which period and to what extent mathematical elements were present on the maps.

Keywords: orienteering maps, mathematical elements, Croatia, Slovenia, magnetic north

1 Mathematical Elements of Maps

According to the still officially valid definition, a map is a symbolised representation of geographical reality, representing selected features or characteristics, resulting from the creative effort of its author's execution of choices, and is designed for use when spatial relationships are of primary relevance (ICA 2003). To the extent that it should ensure the presentation of geographical reality and the corresponding mutual relations of the displayed objects, it must satisfy the appropriate positional correctness. Unambiguous positional definition of a geographical object can only be given both in nature and on a map with the help of mathematically defined coordinate systems (Ormeling, Kraak 2003; Robinson et al 1995). These differ from each other due to the diversity of the shape of the Earth (body of a mathematically indescribable shape) and the ground plan map (plane), while the mutual relations between them are determined by mapping the position of the object in nature on the map. The description of

the location of the object on the map in the chosen plane coordinate system thus depends on determining the shape and size of the physical surface of the Earth, choosing a conditional mathematically describable (curved) surface, projecting this surface onto a plane and reducing it to the scale of the map (Figure 1). All these are called mathematical elements of the map (Peterca 2001).

The consequences of the choice of mathematical elements are the values of unavoidable distortions of distances, areas or angles on the map, i.e., as a rule, they are determined according to the purpose of using the map and the needs of its users. The highest demands on distortion limitation have traditionally been applied to topographic maps due to their wide use for a wide variety of purposes, as sources for the production of other maps, as well as for strategic management and control of space (Kimerling et al 2016). It was not allowed for length distortions to exceed the graphic accuracy of the map, and angle distortions were, as a rule, avoided by choosing a conformal map projection, also due to the

Matematički elementi orijentacijskih karata

Dušan PETROVIČ

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia
dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si (ORCID: 0000-0001-5908-8180)

Sažetak. Matematički elementi karata, uz metode prikazivanja sadržaja kartografskim simbolima i kriterije kartografske generalizacije, najvažniji su elementi suvremenih tlocrtnih karata. Istodobno, kod karata za orijentacijsko trčanje i druge oblike sportske orijentacije, koje su međunarodno najunificiranije karte u svijetu, matematička podloga nije detaljno definirana. U radu opisujemo pozadinu i razloge očigledne ograničene značajnosti matematičkih sadržaja u orijentacijskim kartama, a na primjeru analize odabranih karata Hrvatske i Slovenije utvrđujemo u kojem su razdoblju i u kojoj mjeri matematički elementi bili prisutni na tim kartama.

Ključne riječi: orijentacijske karte, matematički elementi, Hrvatska, Slovenija, magnetni sjever

1. Matematički elementi karata

Prema službeno važećoj definiciji, karta je simbolički prikaz geografske stvarnosti koji prikazuje odabrane objekte ili svojstva i rezultat je kreativnog rada autora, namijenjena uporabi gdje su bitni prostorni odnosi (ICA 2003). Ukoliko treba osigurati prikaz geografske stvarnosti i pripadajućih međusobnih odnosa prikazanih objekata, ona mora zadovoljiti odgovarajuću položajnu ispravnost prikaza. Jednoznačna se položajna definicija geografskog objekta može dati i u prirodi i na karti samo uz pomoć matematički definiranih koordinatnih sustava (Ormeling, Kraak 2003; Robinson et al 1995). Oni se međusobno razlikuju zbog različitosti oblika Zemlje (tijelo koje matematički jednostavno nije moguće opisati) i tlocrtne karte (ravnina), a njihovi su međusobni odnosi određeni načinom preslikavanja položaja objekta iz prirode na kartu. Opis položaja objekta na karti u odabranom ravninskom koordinatnom sustavu ovisi, dakle, o određivanju oblika i veličine fizičke površine Zemlje, izboru uvjetne matematički opisive (zakrivljene) površine, preslikavanju te površine na ravninu i svodeći je

u mjerilo karte (slika 1). Sve se to naziva matematičkim elementima karte (Peterca 2001).

Posljedice izbora matematičkih elemenata su deformacije duljina, površina ili kutova na karti koje su kod izbora projekcije odabrane prema namjeni upotrebe karte i potrebama njezinih korisnika. Najveći se zahtjevi na što manje deformacije tradicionalno primjenjuju na topografskim kartama zbog njihove široke upotrebe kao izvora za izradu drugih karata, kao i za strateško upravljanje i kontrolu prostora (Kimerling i dr. 2016). Deformacije duljina nisu smjele prelaziti grafičku točnost karte, a kutne su se deformacije u pravilu uklanjale odabirom konformne kartografske projekcije, također radi mogućnosti točnijeg mjerenja kutova u odnosu na mjerenja udaljenosti na terenu.

2. Orijetacijske karte

Orijetacijski sport obuhvaća obitelj sportova koje na međunarodnoj razini vodi i razvija Međunarodna orijentacijska federacija (u daljnjem tekstu IOF). Grane

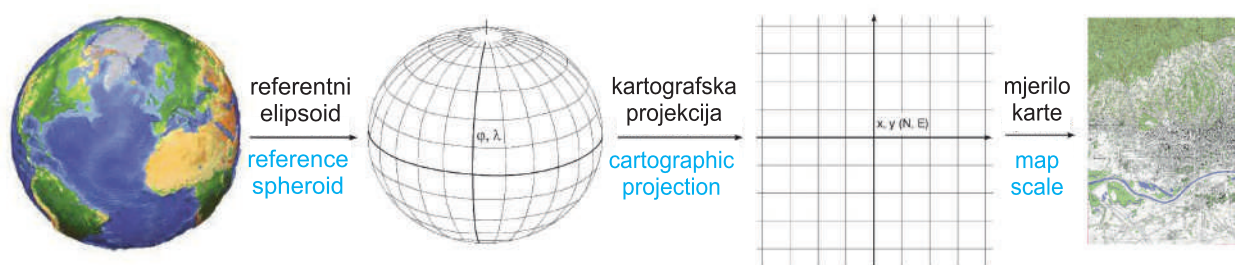


Fig. 1 Mathematical transfer of the contents of the Earth's surface to the map plane.

Slika 1. Matematički prijenos sadržaja Zemljine površine na ravninu karte.

possibility of more accurate measurements of angles than distances on the ground.

2 Orienteering Maps

Sports orienteering is a set of sports disciplines that are managed and developed on an international scale by the International Orienteering Federation (hereinafter: the IOF). The disciplines of sports orienteering are foot orienteering, ski orienteering, mountain bike orienteering and trail orienteering. In the first three disciplines, the goal is for the competitor to complete the course of legs between the control points in the shortest possible time, by navigating aided only by a map and compass, in the first case on foot, in the second on skis and in the third on a mountain bike. In the case of trail orienteering, the goal is to recognize the control point correctly shown on the map on the ground with the help of a compass. As with any sport, it is also necessary to ensure equal conditions for all competitors. Most of the definitions of the IOF regarding the map refer to the oldest and most widespread discipline, foot orienteering, but they also apply sensibly to other discipline.

From the competitors' point of view, a legible and accurate map is necessary for a qualified choice of route, enabling navigation along the route chosen to suit their navigational skills and physical abilities. However, skill in route choice and map reading loses all meaning if the map is not a good representation of the ground - if it is of poor legibility, inaccurate or out-of-date. In the ideal case no competitor should gain an advantage or suffer a disadvantage because of faults on the map (IOF 2022).

The development of maps for orienteering always follows the needs of the sport development itself and the progress of map production technology. In the initial period of orienteering, at the end of the 19th century,

official state topographic maps available at the time were used, initially at smaller scales, e.g. 1:100,000 (Figure 2), while later more detailed maps at larger scales were available. After several decades, development led to the production of the maps specifically intended for orienteering. Today's modern maps for orienteering have significantly improved accuracy and precision while the most important is that they are much more readable (Figure 2).

Special orienteering maps have never been made by cartographers, but by enthusiastic amateurs, mostly competitors in orienteering. Therefore, the primary criterion that map makers follow has always been suitability for the orienteering events, not theoretical cartographic principles. The main problem of the first specially made orienteering maps were that the cartographic symbols used on them differed greatly between regions and especially countries (Zentai 2007). In order to ensure equal competition conditions for all competitors, unification was necessary. Thus, in 1969 the IOF published the first version of the international specifications for orienteering maps - ISOM 1969, describing on two pages 45 map symbols in four colours (black, blue, brown, yellow). The specifications were mandatory for all international competitions and were intended to be used to create orienteering maps of all the varied terrains world-wide that are suitable for orienteering. In 1972, green was added as the fifth colour to show the runnability of the terrain and the set of signs was expanded. In 1975 the first comprehensive specifications brochure was published - ISOM 1975 (Figure 3), which, in addition to the description of cartographic symbols, also contained specifications regarding scale, contour interval, positional accuracy, level of generalization, content description and printing method. In the following years, the specifications were quickly adopted in



Slika 2. Karta prvog orijentacijskog natjecanja u mjerilu 1:100 000, održanog 1897. u Norveškoj (https://it.wikipedia.org/wiki/File:First_orienteering_map.jpg), moderna orijentacijska karta istog područja u mjerilu 1:10 000 (© Oslostudentenes Idrettsklubb, Nydalens Skiklub).

Fig. 2 Map of the first orienteering competition at 1:100,000 scale, held in 1897 in Norway (https://it.wikipedia.org/wiki/File:First_orienteering_map.jpg), modern 1:10,000 scale orienteering map of the same area (© Oslostudentenes Idrettsklubb, Nydalens Skiklub).

orijentacijskog sporta su orijentacijsko trčanje, skijaška orijentacija, orijentacija brdskim biciklima i precizna orijentacija. U prvim trima granama cilj je da natjecatelj samo uz navigacijske vještine i uz pomoć kompasa i karte u što kraćem vremenu obiđe rutu između kontrolnih točaka, u jednom slučaju pješice, u drugom na skijama, a u trećoj na brdskom biciklu. U slučaju precizne orijentacije cilj je uz pomoć kompasa na terenu ispravno prepoznati kontrolnu točku prikazanu na karti. Kao i u svakom sportu, u granama sportske orijentacije potrebno je osigurati jednake uvjete za sve natjecatelje. Većina odredbi IOF-a vezanih uz kartu odnose se na najstariju i najrašireniju granu orijentacijskog sporta – orijentacijsko trčanje, ali se primjenjuju i na druge grane.

Natjecatelju je u orijentacijskom trčanju neophodna čitka i dovoljno precizna karta za pouzdan izbor rute odabrane prema natjecateljevoj sposobnosti orijentacije

i njegovoj fizičkoj spremnosti te praćenje terena uzduž rute. Naravno, sposobnost pravilnog odabira rute i čitanja karte gubi svaki smisao ako karta ne prikazuje pravilno teren, ako je nečitka, netočna ili zastarjela. Dobra karta je takva da se pri njenom korištenju niti jedan natjecatelj ne smije izgubiti ili dobiti vrijeme na stazi nauštrb neadekvatnog prikaza na karti (IOF 2022).

Izrada karata za orijentacijsko trčanje uvijek prati potrebu razvoja sportske grane i napredak tehnologije izrade karata. U početnom su razdoblju razvoja, krajem 19. stoljeća, korištene tada dostupne službene državne topografske karte, isprva u manjim mjerilima, npr. 1:100 000, a kasnije su bile dostupne i detaljnije u većim mjerilima. Nakon nekoliko desetljeća razvoja pokazala se potreba izrade posebnih karata za orijentacijsko trčanje. Današnje moderne orijentacijske karte imaju značajno bolju točnost, preciznost, a pogotovo je poboljšana njihova čitljivost (slika 2).

most countries and started to be used for national and local competitions as well. Over the years, the sport itself has changed somewhat, new disciplines have been added, and above all, map production procedures and technologies were developed. For this reason, the specifications for the production of orienteering maps were also updated. The specifications from 1975 were followed by specifications in 1982, 1990 and 2000 (Zentai 2001). Today's, the latest version of the specifications from 2017 (ISOM 2017, Figure 3), prescribes the use of around 100 different cartographic symbols. For maps intended for other sport orienteering disciplines (mountain bike orienteering, ski orienteering and sprint maps, which are also used for trail orienteering), there are separate additional specifications, the basis of which is ISOM.

Due to all of the above, we can state with great certainty that maps for foot orienteering and other sports orienteering disciplines (hereinafter referred to as orienteering maps) are today the most internationally unified, i.e. standardized, maps on a global scale. The closest to such a large international level of standardization would be nautical charts, but their content is generally less complex and even between countries, deviations in colours are permissible.

3 Definition of Mathematical Elements in the Specifications of Orienteering Maps

As long as official national topographical maps were used for orienteering, mathematical elements were the default. The first maps were certainly completely default in terms of content, but later they were quite likely used for additions and changes to the content, and most likely did not interfere with the mathematical elements. However, when the production of special orienteering maps began in the 1950s, a decision had to be made regarding the mathematical elements of the map, too. The first goal of the unification and description of orienteering maps was primarily the unification of the use of symbols to display objects and phenomena, therefore the ISOM 1969 specification contains only two pages of symbols (Zentai 2022). However, one of the signs, parallel black vertical lines, is described as "Grid Lines (Magnetic North)". In the first, more extensive ISOM 1975 specification, we already find descriptions that also define properties related to the mathematical elements of the map. Possible map scales of 1:20,000 or 1:15,000 and an equidistance of 5 m are defined. In addition, it is stated: "North lines must be black 0.1 to 0.15 mm lines pointing to magnetic north. Their spacing on the map should represent 500 m on the ground..."

Of course, only the map, oriented to magnetic north allows the competitor, when using a compass, to directly transfer the bearing from the map to nature without taking into account magnetic declination, and in some cases also meridian convergence. We assume that the direction of the north lines towards magnetic north began to be used even before the first version of ISOM, in the 50s, when orienteering maps were first purposely produced, especially in areas of the world where the value of magnetic declination is significant. If we assume that when using a compass for navigation on the terrain, directions are determined with an accuracy of up to 2 degrees (Petrovič 2005), we can assume that with a declination value exceeding 2 degrees, the lag of the orientation of the map between orientation on the terrain and direction tracking at longer distances is already known. Unfortunately, research on the orientation of the first purpose-built orienteering maps is not available, and the number of preserved maps from that period is also not very large. It is even more difficult to determine whether magnetic north lines may have been additionally added to the existing topographic maps. Among others, Zentai (2007) dealt with the analysis of the first maps used for orienteering, but it is very difficult to find maps that were used in competitions. Partly because the competitors had to return them after the competition due to restricted access, but of course the paper was often too damaged during the first long competitions and was not properly preserved. We can assume, however, that course planners avoided adding additional direction lines to existing maps with a map grid, as the duality of vertical lines would have further worsened the readability of the maps and introduced confusion among the competitors.

ISOM 1982 prescribes only 1:15,000 as an acceptable map scale, but in addition to the foreseen equidistance of 5 m, it also allows a half smaller one, 2.5 m for flat areas. In addition to the basic 1:15,000, ISOM 2000 also allows a scale of 1:10,000, and later, for new disciplines, scales of 1:7500, 1:5000, 1:4000 and 1:3000 are also used.

In the ISOM 1990, the specification about north lines is supplemented with: "The sides of the map (paper) should be parallel to magnetic north lines."

Regarding positional accuracy, ISOM 1975 already contained almost identical text, which is still stated today in ISOM 2017: "The general rule should be that competitors shall not perceive any inaccuracy in the map. The accuracy of the map as a whole depends upon the accuracy of measurement (position, height and shape) and the accuracy of drawing. Accuracy of position on an orienteering map must be consistent with that obtained by compass and pacing. A feature must be



Slika 3. Prikaz naslovnice prve knjižice iz 1975. i aktualne knjižice međunarodnih specifikacija za orijentacijske karte (ISOM).
Fig. 3 The cover of the first booklet from 1975 and the current booklet of International Specifications for Orienteering Maps (ISOM).

Pedesetih je godina 20. stoljeća razvoj doveo do izrade prvih karata posebno namijenjenih orijentacijskom trčanju. Te karte nikada nisu izrađivali stručnjaci kartografi, već entuzijastični amateri, uglavnom natjecatelji u orijentacijskom trčanju. Stoga je primarni kriterij koji su slijedili uvijek bila prikladnost karata za orijentacijska natjecanja, a ne teorijska kartografska načela. Glavni je problem prvih posebno izrađenih orijentacijskih karata bio da su se na njima korišteni kartografski simboli uvelike razlikovali među regijama, a posebice među državama (Zentai 2007). Kako bi se osigurali jednaki uvjeti natjecanja za sve natjecatelje, bila je nužna unifikacija pa je IOF 1969. godine objavio prvu inačicu međunarodnih specifikacija (*International specifications for orienteering maps* – ISOM 1969) u kojima je na dvjema stranicama opisano 45 kartografskih simbola u četirima bojama (crnoj, plavoj, smeđoj, žutoj). Specifikacije su bile obvezne za sva međunarodna natjecanja i bile su namijenjene izradi karata za orijentacijsko trčanje na svim raznolikim terenima diljem svijeta pogodnima za orijentacijsko trčanje. Godine 1972. zelena je dodana kao peta boja za prikaz prohodnosti terena i proširen je skup znakova, a 1975. objavljena je prva opsežna brošura specifikacija – ISOM 1975 (slika 3) koja je uz opis kartografskih znakova sadržavala i odredbe o mjerilu, ekvidistanciji, položajnoj točnosti, stupnju generalizacije, opisu sadržaja i načinu tiska. Sljedećih su godina propisi brzo usvojeni u većini zemalja i počeli su se koristiti i za karte nacionalnih i lokalnih natjecanja. Tijekom godina sport je unaprijeđen,

dodavane su nove grane i discipline, a prije svega su se razvijali postupci i tehnologije izrade karata. Iz tog su razloga ažurirane i specifikacije za izradu orijentacijskih karata. Specifikacijama iz 1975. godine uslijedile su specifikacije iz 1982., 1990. i 2000. godine (Zentai 2001). Današnja, posljednja inačica specifikacija iz 2017. godine (ISOM 2017, slika 3), propisuje uporabu oko 100 različitih kartografskih znakova. Za karte namijenjene drugim granama orijentacijskog sporta (skijaška orijentacija, orijentacija brdskim biciklima i sprint, čije se karte koriste i za preciznu orijentaciju) postoje posebne dopunske specifikacije u čijoj je osnovi ISOM.

Zbog svega navedenoga, s velikom sigurnošću možemo utvrditi da su karte za orijentacijsko trčanje i druge grane orijentacijskog sporta (u daljnjem tekstu orijentacijske karte) danas najsavršenije međunarodno određene, odnosno standardizirane karte u svjetskim razmjerima. Najbliže tako visokoj međunarodnoj razini standardizacije su pomorske karte, no njihov je sadržaj općenito manje raznolik te su čak i među državama dopuštena odstupanja u bojama.

3. Definicija matematičkih elemenata u specifikacijama orijentacijskih karata

Sve dok su se za orijentacijsko trčanje koristile službene državne topografske karte, matematički su elementi bili njima definirani. Prve su karte, svakako, i sadržajno bile u potpunosti preuzete, no kasnije su, vrlo

positioned with sufficient accuracy to ensure that a competitor using compass and pacing will perceive no discrepancy between map and ground. In general, if the distance between neighbouring features deviates less than 5% this will satisfy accuracy requirements.

Absolute height accuracy is of little significance on an orienteering map. On the other hand, it is important that the map shows as correctly as possible the relative height difference between neighbouring features.

Accurate representation of shape is of great importance for the orienteer, because a correct, detailed and sometimes exaggerated picture of the land form is an essential precondition for map reading. However, the inclusion of a lot of small detail must not disguise the overall shapes. Drawing accuracy is of primary importance to any map user because it is closely connected with the reliability of the final map.

The drawing accuracy (e.g. equality of character line thicknesses, equality of character sizes) is the degree to which approved specifications are followed. Drawing accuracy is of primary importance to any map user because it is closely connected with the reliability of the final map."

Yet the ISOM 2000 additionally states: "Absolute accuracy is also important if an orienteering map is to be used with a positioning system or together with geographical data sets from other sources. In such cases it must also be possible to transform the map to a well-known geographical system." In ISOM, 2017 additional sentences were added: "Readability is always more important than absolute accuracy. Displacement of map features is encouraged if it makes the map more readable."

Finally, in the latest specifications, ISOM 2017, there is the following additional provision: "To georeference a map means to locate it using a geographical reference system. Georeferencing is useful when geographical data from different sources (e.g. orienteering map, digital elevation model, aerial photos, GNSS positions) need to be combined, and it is useful when tracking competitors during a race. It is therefore strongly recommended to produce georeferenced orienteering maps. However, before printing the map, it shall first be rotated to make the magnetic north lines parallel to the edges of the map page."

The actual positional accuracy of an orienteering map is actually only indirectly related to the use of a coordinate system and map projection. It depends much more on the source data about the mapped objects, on the method of their acquisition. The first maps, which were made only by field measurements, without a cartographic basis, were certainly made in a local coordinate

system, without any global or projection mathematical basis. The accuracy of distances and directions on a map often depended on the accuracy of field measurements with a compass and counting footsteps. Even with the first maps made on the basis of geolocated source data (topographic maps), the orienteering map makers often used a local coordinate system that was not shown anywhere on the map. With the beginnings of computerized map production, various CAD and graphic programs were used for the first orienteering maps, mainly OCAD and Adobe Illustrator, where the data had to be described in coordinates. Although the maps were generally already made on the basis of existing topographical maps with additional field checking, the data were imported in the digital environment by digitizing or vectorizing scanned field sketches in local coordinates of the graphical interface. Only by preparing the basis of the map in the computer environment based on the combination of various source data in digital form, for example topographic maps, orthophoto, vector data of topographic bases, the creation of orienteering maps in the computer environment is introduced in the actual projection coordinates of the sources.

Of all the mathematical elements on orienteering maps, in accordance with the specifications of the IOF, only the map scale, equidistance and the mandatory orientation of the sides of the map and the north lines in the direction of magnetic north are prescribed. The required positional accuracy is described very loosely, both horizontal and vertical, only appropriate relative ratios are prescribed, in which competitors must not notice discrepancies. The absolute accuracy of orienteering maps as well as their georeferencing are unnecessary for the competitor, but they are recommended when using the map in connection with GNSS, but only during production, media monitoring of the competitor or for subsequent analysis.

In the article, we try to analyse how orienteering maps in Croatia and Slovenia followed these requirements and specifications.

4 Development of Orienteering and Orienteering Maps in Croatia

Orienteering in Croatia developed from team mountaineering competitions, in which orientation was also an important (but not the only) element of knowledge. These were organized in the entire area of the former SFRY from the 1950s onwards. The Mountaineering Association of Yugoslavia was present in 1959 at the preparatory meeting for the establishment of the International Orienteering Federation (IOF), but two

vjerojatno, njihov sadržaj dopunjavali, a te dopune nisu zadirale u matematičke elemente. Međutim, kada je 1950-ih počela izrada posebnih orijentacijskih karata, trebalo je donijeti odluku o njihovim matematičkim elementima. Prvi je cilj objedinjavanja i definiranja orijentacijskih karata bio prvenstveno objedinjavanje upotrebe znakova za prikaz objekata i pojava. Stoga specifikacija ISOM 1969 sadrži samo dvije stranice kartografskih znakova (Zentai 2022). Međutim, jedan od znakova, paralelne crne okomite linije, opisan je kao "Mrežne linije (Magnetski sjever)". U prvoj opširnijoj specifikaciji ISOM 1975 već nalazimo opise koji također definiraju svojstva veza na uz matematičke elemente karte. Definirana su moguća mjerila karte 1 : 20 000 ili 1 : 15 000 i ekvidistanca od 5 m. Uz to se navodi: „Crne linije sjevera, debljine 0,1 do 0,15 mm, moraju biti usmjerene prema magnetskom sjeveru. Njihova udaljenost na karti trebala bi predstavljati 500 m u prirodi...”

Naravno, samo karte orijentirane prema magnetskom sjeveru omogućuju natjecatelju da, koristeći kompas, direktno prenese smjer s karte u prirodu bez uzimanja u obzir magnetske deklinacije, a u nekim slučajevima i meridijanske konvergencije. Pretpostavljamo da se smjer linija sjevera prema magnetskom sjeveru počeo koristiti i prije prvih inačica ISOM-a, od 50-ih godina prošlog stoljeća, kada su se prvi put orijentacijske karte izrađivale namjenski, i to posebno u područjima svijeta gdje je vrijednost magnetske deklinacije značajna. Ako pretpostavimo da se pri upotrebi kompasa za orijentaciju na terenu pravci određuju s točnošću do dva stupnja (Petrović 2006), možemo pretpostaviti i da su kod vrijednosti deklinacije veće od dva stupnja greške zbog zaostajanje pravilne orijentacije karte tijekom navigacije na terenu i praćenje pravca na većim udaljenostima već značajne. Nažalost, istraživanja o orijentaciji prvih namjenskih orijentacijskih karata nisu dostupna, a ni broj sačuvanih karata iz tog razdoblja nije velik. Još je teže utvrditi jesu li bile magnetske sjeverne linije možda naknadno dodane na u početku upotrebljavane postojeće topografske karte. Među ostalim, Zentai (2007) se bavio analizom prvih karata korištenih za orijentacijsko trčanje, no vrlo je teško doći do konkretnih karata koje su korištene na natjecanjima. Zbog tajnosti i ograničenog pristupa često su natjecatelji karte morali nakon natjecanja vraćati, a i u slučajevima da su ih mogli zadržati, papir je tijekom dužih natjecanja često bio previše oštećen pa korištene karte nisu očuvane. Možemo, međutim, pretpostaviti da su osobe koje su pripremale karte za natjecanja izbjegavale dodati dodatne crte smjera na postojeće karte s kartografskom mrežom jer bi dvojnost okomitih linija dodatno pogoršala čitljivost karata i unižela zabunu među natjecateljima.

Sljedeće specifikacije ISOM 1982 kao prihvatljivo mjerilo propisuju samo 1:15 000, ali uz predviđenu ekvidistanca od 5 m dopuštaju i upola manju, 2,5 m za područja manjih visinskih razlika. Osim osnovnog 1:15 000, ISOM 2000 dopušta i mjerilo 1:10 000, a kasnije se za nove grane i discipline koriste i mjerila 1:7500, 1:5000, 1:4000 i 1:3000.

U specifikacijama ISOM 1990 odredba o sjevernim linijama dopunjena je sa: "Karta mora sadržavati magnetske sjeverne linije koje moraju biti paralelne s odrezanim stranama papira karte."

Što se tiče položajne točnosti, ISOM 1975 je već sadržavao gotovo identičan tekst, koji se i danas navodi u ISOM 2017: „Opće je prihvaćeno da točnost (preciznost) karte mora biti takva da natjecatelj ne može uočiti netočnost. Stvarna položajna točnost karte ovisi o točnosti mjerenja objekata (položaj, visina i oblik) i točnosti unosa na karti. Svaki objekt mora biti prikazan tako točno da natjecatelj na terenu ne primijeti nikakvu razliku između situacije na terenu i na karti kada koristi kompas za određivanje smjera i broji korake za procjenu udaljenosti. Općenito, ako udaljenost između susjednih objekata odstupa manje od 5%, to će zadovoljiti zahtjeve točnosti.

Apsolutna visinska točnost (vrijednost nadmorske visine) je od malog značaja na orijentacijskoj karti, ali je važno da karta prikazuje što točnije relativne visinske razlike između objekata prikazanih na karti, posebno obližnjih objekata.

Točan prikaz oblika od velike je važnosti za orijentacista, jer je točna, detaljna i ponekad posebno istaknuta slika oblika terena bitan preduvjet za čitanje karte. Međutim, uključivanje puno sitnih detalja ne smije prikriti opće oblike. Točnost crtanja je od primarne važnosti za svakog korisnika karte jer je usko povezana s pouzdanošću konačne karte.

Grafička točnost (npr. jednakost debljina crta znakova, jednakost veličina znakova) je stupanj do kojeg se slijede odobrene specifikacije. Točnost crtanja je od primarne važnosti za svakog korisnika karte jer je usko povezana s pouzdanošću konačne karte."

Od specifikacija ISOM 2000 dalje dodatno se navodi: „Apsolutna položajna točnost karte (koordinatna točnost) također je važna ako se orijentacijska karta koristi sa sustavom za pozicioniranje ili zajedno sa skupovima geografskih podataka iz drugih izvora. U takvim slučajevima također mora biti moguće transformirati kartu u dobro poznati geografski sustav.“ U ISOM 2017 dodane su rečenice: „Čitljivost je uvijek važnija od apsolutne točnosti, pa kartograf može pomicati pojedine objekte na karti ako to omogućuje bolju čitljivost karte."

Konačno, u najnovijim specifikacijama ISOM 2017 postoji i ova dodatna odredba: „Georeferenciranje karte znači da je karta koordinatno postavljena u odabrani



Fig. 4 Excerpts from the first orienteering maps made in Croatia: Trakošćan, Maksimir and Petehovac (OKV1).
Slika 4. Isječci iz prvih orijentacijskih karata izrađenih u Hrvatskoj: Trakošćan, Maksimir i Petehovac (OKV1).

years later, when the IOF was officially established, it was not among its founding members. Despite this, already in 1963, the first individual orienteering competition based on the Scandinavian model (without additional tasks) was organized in Croatia. In the following years, these competitions were supplemented by the still existing team mountain orienteering competitions, which also contained fewer additional tasks. At the beginning of the 1970s, there was a growing resistance to individual orienteering competitions in the mountaineering community, as they did not encourage other traditional mountaineering skills, neglected the important principle of cooperation and solidarity between team members, and encouraged "rambling" on mountain trails and mountains, which is dangerous and against the mountaineering codex. These views slowed down the development of orienteering for a few years, but at the end of the 1970s it prevailed as a completely unique sport, separated from traditional mountain orienteering. In 1981, the first orienteering club in Croatia, OK Maksimir, was founded. In 1982, the Mountaineering Association of Yugoslavia also joined the IOF (OKV2 2022). The Croatian Orienteering Association, founded on 22 December 2005 in Zagreb is today the umbrella organization for orienteering sports in Croatia, as well as the representative body of Croatia in the IOF (HOO 2022).

The expansion of development and the increasing number of contacts with foreign competitions, and through them also with special orienteering maps, brought the desire to prepare orienteering maps in accordance with the IOF specifications in Croatia as well. The production of the first orienteering maps for sports

orienteering was undertaken by experienced competitors, who knew best the characteristics and needs of the sports and maps, as elsewhere in the world. Based on the available sources, there may be a bit of a dilemma as to which was the first orienteering map in Croatia, since around the same time, several authors started making maps in different areas. According to OKV1 2022 and OK2 2022, in 1980, Zlatko Smerke made the orienteering map of Trakošćan, the first five coloured orienteering maps based on IOF specifications in Croatia (Figure 4).

It is not clear whether it was merely a reworking of the topographical map in accordance with the IOF specifications, or whether the map was also additionally checked in the field. In any case, the content of the map was field checked by 1984, when the Croatian International Championship was held using it. Around the same time, to support the development of orienteering in Croatia, experienced Swedish map makers Bengt Eriksson, Leif Eriksson and Dag Malmquist created the first orienteering maps with terrain reambulation. The maps Maksimir (Figure 4) and Dolje in Zagreb and Maruševac near Varaždin are mentioned. Ivan Plantak also helped with the reambulation of the map of Maruševac. Also, according to the inscription on the map, in 1980 Čedomil Gros made the map of Petehovac (Figure 4), and in 1981 also the map of Ponikva in the Zagreb region, where on October 1982 the Mountaineering Association of Croatia organized the first (unofficial) individual orienteering championship of Yugoslavia (YU Cup). Such a broad push for map production helped to make more and more qualified competitors and competition organizers produce maps, and by the end of the 80s, many

geografski ili projekcijski referentni koordinatni sustav. Unakrsno referenciranje ima smisla pri izradi karte kombiniranjem prostornih podataka iz različitih izvora i oblika (npr. prethodne orijentacijske karte, digitalni model visine, fotografije iz zraka, GNSS podatci), kao i pri upotrebi GNSS prijemnika za praćenje položaja natjecatelja tijekom utakmica. Stoga je vrlo preporučljivo da se sve karte za orijentaciju izrađuju tako da su od samog početka ispravno georeferencirane. Bez obzira na to, kartu prije tiska moramo rotirati tako da linije magnetskog sjevera (koje u pravilu odstupaju od linija referentnog koordinatnog sustava) budu poravnate s rubom lista papira."

Stvarna položajna točnost orijentacijske karte zapravo je samo neizravno povezana s upotrebom koordinatnog sustava i kartografske projekcije. Mnogo više ovisi o ulaznim podacima o prikazanim objektima, o načinu njihova preuzimanja. Prve karte, koje su rađene samo terenskim mjerenjima, bez kartografske osnove, zasigurno su rađene u lokalnom koordinatnom sustavu bez ikakve globalne ili projekcijske matematičke osnove. Točnost udaljenosti i pravaca na karti često je ovisila o točnosti terenskih mjerenja kompasom i koracima. Čak i kod prvih karata izrađenih na temelju geolociranih izvornih ulaznih podataka (topografske karte) izrađivači karata često su koristili lokalni koordinatni sustav koji ionako nije nigdje prikazan na karti. S počecima računalne izrade karata, za prve su orijentacijske karte korišteni različiti CAD i grafički programi, uglavnom OCAD i Adobe Illustrator, gdje je podatke trebalo opisati koordinatama. Iako su karte u pravilu već izrađene na temelju postojećih topografskih karata s dopunom terenskog sadržaja, podatci su uključeni digitalizacijom ili vektorizacijom skeniranih terenskih skica u lokalni koordinatni sustav u digitalnom okruženju. Tek izradom podloge karte u računalnom okruženju na temelju povezivanja različitih podataka u digitalnom obliku, primjerice topografskih karata, ortofota, vektorskih podataka topografskih baza i slično, uvodi se korištenje koordinata sustava koji su upotrijebljeni na kartografskim izvorima.

Od svih matematičkih elemenata na orijentacijskim kartama, sukladno specifikacijama IOF-a, propisano je mjerilo s ekvidistancom i obveznom orijentacijom stranica karte i orijentacijskih crta u smjeru magnetskog sjevera. Zahtijevana je položajna točnost opisana vrlo slobodno, kako za horizontalni, tako i za vertikalni položaj. Propisani su samo odgovarajući relativni omjeri u kojima natjecatelji ne smiju uočiti odstupanja. Apsolutna točnost orijentacijske karte, kao i njeno georeferenciranje, natjecatelju nisu obavezni, ali se preporučuju kada se karta koristi u vezi s GNSS-om ili samim tijekom izrade, medijskog praćenja natjecatelja ili naknadne analize.

U članku pokušavamo analizirati kako su orijentacijske karte u Hrvatskoj i Sloveniji pratile te zahtjeve i specifikacije.

4. Razvoj orijentacijskog trčanja i orijentacijskih karata u Hrvatskoj

Orijentacijski sport u Hrvatskoj razvio se iz ekipnih planinarskih natjecanja u kojima je orijentacija također bila važan (ali ne i jedini) element znanja. Organizirana su na cijelom području bivše SFRJ od 1950-ih nadalje. Planinarski savez Jugoslavije bio je 1959. godine na pripremnom skupu za osnivanje Međunarodne orijentacijske federacije IOF-a, ali dvije godine kasnije, kada je IOF službeno osnovan, nije bio među njegovim osnivačima. Unatoč tome, već je 1963. godine u Hrvatskoj organizirano prvo pojedinačno orijentacijsko natjecanje po skandinavskom modelu (bez dodatnih zadataka). Sljedećih se godina ta natjecanja izvode dodatno uz još uvijek postojeća ekipna planinska orijentacijska natjecanja koja su također sadržavala sve manje dodatnih zadataka. Početkom 1970-ih godina u planinarskim krugovima raste otpor individualnim orijentacijskim natjecanjima jer se ne potiču druge tradicionalne planinarske vještine, zanemaruje važno načelo suradnje i solidarnosti među članovima tima te se potiče trčanje po planinarskim stazama i planinama, što je opasno i protiv planinske etike. Takva su stajališta za nekoliko godina usporila razvoj orijentacijskog trčanja, no krajem 1970-ih ono je prevladalo kao potpuno jedinstven sport, odvojen od tradicionalne planinarske orijentacije. Godine 1981. osnovan je OK Maksimir, prvi orijentacijski klub u Hrvatskoj. IOF-u je 1982. pristupio i Planinarski savez Jugoslavije (OKV2 2022). Hrvatski je orijentacijski savez osnovan 22. prosinca 2005. godine u Zagrebu te je danas krovna organizacija za grane orijentacijskog sporta u Hrvatskoj i predstavnik Hrvatske u IOF-u (HOO 2022).

Ekspanzija razvoja i sve brojniji kontakti s inozemnim natjecanjima, a preko njih i s posebnim orijentacijskim kartama, donijeli su i u Hrvatsku želju za izradom orijentacijskih karata prema specifikacijama IOF-a.. Izradu prvih orijentacijskih karata za sportsko orijentacijsko trčanje prihvatili su, kao i drugdje u svijetu,iskusni natjecatelji koji su najbolje poznavali karakteristike i potrebe sporta i karata. Na temelju dostupnih izvora, postoji mala dilema koja je bila prva orijentacijska karta u Hrvatskoj budući da je otprilike u isto doba više autora počelo izrađivati karte na različitim područjima. Prema OKV1 2022 i OKV2 2022, 1980. godine Zlatko Smerke (PD "Ravna Gora" Varaždin) izradio je orijentacijsku kartu Trakošćan, prvu višebojnu kartu po specifikacijama IOF-a u Hrvatskoj (slika 4).

maps were produced in Croatia in different areas of the country, which increased both the number and quality of the competitors.

In the 1990s, the creation of orienteering maps with the help of computer programs gave a new impetus to the production of orienteering maps, which simplified the restoration of content and preparation for printing, while improving the graphic quality at the same time (Frangeš et al. 2002). Maps were increasingly produced by professional draftsmen from various parts of Europe. The demanding and interesting terrains, also in connection with vacationing on the Adriatic, have attracted many competitors from all over the world to competitions in Croatia for years, and many maps of different areas have been produced for the needs of the competitions. In addition to maps for foot orienteering, quite a few maps for mountain bike orienteering and maps for trail orienteering have been produced. Unfortunately, there is no uniform list of orienteering maps produced in the territory of Croatia. The maps are in the owned and kept by individual clubs, and we can only assume the total number of maps produced.

5 Development Orienteering and Orienteering Maps in Slovenia

The development of orienteering in Slovenia started a little later than in Croatia, but generally followed a similar pattern (OZS 2015). The first individual orienteering competition in Slovenia was only held in 1974, but in the second half of the 70s and further into the 80s, some Slovenian beginners in orienteering took part in already established competitions in Croatia. What was happening regarding the creation and development of orienteering maps is better known. In 1982, on the slopes of Mrzlica above Trbovlje, around the Podmeja village, Roman Sladič made a three-colour map for orienteering, which, due to the number of colours used, did not fully follow the ISOM of the time, but was made as especially for orienteering. The first five-colour map according to ISOM, the map of Rožnik in Ljubljana was made in 1987 by Serbian orienteers Mile Stevanović and Slobodan Radovanović, while the part covering Tivoli was added by one of the pioneers of sports orienteering in Slovenia, Bojan Jevševar (Figure 5).

The first computer-made maps were made by Daniel Lebar, Boris Bauman and Dušan Petrovič at the end of 1992 and at the beginning of 1993 (Petrovič 2005) using OCAD 3, then still a DOS program. Later map quality increased with the addition of orthophotos, GNSS devices, laser distance and angle measurements, and in the last decade mainly by using data from the laser scanning of

Slovenia, which was available for the entire area of Slovenia in 2015. By the middle of 2022, a total of around 900 orienteering maps had been produced in Slovenia, 410 in accordance with the basic ISOM, 377 maps for sprints (these are also used for trail orienteering), 25 for mountain bike orienteering, 12 for ski orienteering and an additional 69 school orienteering maps (OZS 2022). These are produced on a larger scale and are not internationally unified, only a proposed set of cartographic symbols is prepared.

6 Analysis of the Use of Mathematical Elements on Selected Examples of Orienteering Maps of Croatia and Slovenia

In the analysis, we were interested in the extent to which various mathematical elements were used in the produced orienteering maps in Croatia and Slovenia in a certain period, both those that are prescribed and mandatory by the specifications (otherwise only for the use of maps for international competitions) and those that are only recommended in the specifications. The first mandatory provision concerns the orientation of the map; since the very first specifications from 1969, the vertical lines on the map should point in the direction of magnetic north. In 1990, the specification on the north lines was supplemented by the fact that the magnetic north lines must be parallel to the trimmed sides of the map paper. The second provision refers to the map scale, which is also prescribed, but in certain cases deviation is possible. This is especially true in cases of highly detailed terrains, where with an excessive degree of generalization, the possibility of showing details on the terrain would be lost, and therefore the mapmakers, in agreement with the organizers, sometimes decide on a larger scale. However, in the case of the oldest maps, made only on the basis of imprecise field measurements with a compass and step counting, the correctness of determining the actual scale of the map is questionable.

Positional accuracy is mentioned very loosely in the specifications, but the competitor should not notice positional deviations. In the analysis, we therefore looked for possible significant positional displacements of the content of the analysed maps in relation to the comparative source data.

The last mentioned and recommended feature is the georeferencing of the map in the selected projection coordinate system. In addition to helping mapmakers to combine different source data, this is important for users in subsequent analysis with the help of GNSS tracks or in following athletes equipped with trackers during the actual competitions, for example through the media.

Nije jasno radi li se samo o preradi topografske karte u skladu sa ISOM ili je karta dopunjena i na terenu. U svakom slučaju, sadržaj je karte nadopunjen do 1984. godine kada je na njoj održano Međunarodno prvenstvo Hrvatske. Otprilike u isto doba, kao podrška razvoju orijentacijskog trčanja u Hrvatskoj, iskusni švedski crtači karata Bengt Eriksson, Leif Eriksson i Dag Malmquist izradili su orijentacijske karte s dodatnom reambulacijom terena. Spominju se karte Maksimir (slika 4) i Dolje u Zagrebu te Maruševec kod Varaždina, kod koje u reambulaciji zemljišta pomaže i domaćin Ivan Plantak. Također, prema natpisu na karti, 1980. godine Čedomil Gros izradio je kartu Petehovac (slika 4), a 1981. godine i kartu Ponikva na Medvednici gdje su u listopadu 1982. godine PSH i PD Sutjeska organizirali prvo (neslužbeno) pojedinačno prvenstvo Jugoslavije. Takav široki poticaj za izradu karata pomogao je da sve više kvalificiranih natjecatelja i organizatora natjecanja proizvodi karte, a do kraja 1980-ih u Hrvatskoj je proizvedeno mnogo orijentacijskih karata u različitim dijelovima zemlje, što je potaknulo i broj i kvalitetu natjecatelja.

Devedesetih godina prošlog stoljeća izrada karata uz pomoć računalnih programa donijela je novi zamah u izradi orijentacijskih karata, što je pojednostavilo obnovu sadržaja i pripremu za tisak, a ujedno poboljšalo grafičku kvalitetu (Frangeš i sur. 2002). Karte su sve više izrađivali profesionalni crtači iz raznih dijelova Europe. Zahtjevni i zanimljivi tereni tako već godinama privlače brojne natjecatelje iz cijelog svijeta na natjecanja u Hrvatskoj, koje često vežu za odmor na Jadranu, a za potrebe natjecanja izrađene su mnoge karte različitih područja. Osim karata za orijentacijsko trčanje, izrađeno je dosta karata za orijentaciju brdskim biciklima i karata za preciznu orijentaciju. Nažalost, ne postoji jedinstvena evidencija izrađenih orijentacijskih karata na području Hrvatske, pojedine su karte u vlasništvu i na čuvanju pojedinih klubova, a o ukupnom broju izrađenih karata možemo samo pretpostavljati.

5. Razvoj orijentacijskog trčanja i orijentacijskih karata u Sloveniji

Razvoj orijentacijskog sporta u Sloveniji započeo je nešto kasnije nego u Hrvatskoj, ali općenito je tekao sličnim putem (OZS 2015). Prvo individualno orijentacijsko natjecanje u Sloveniji održano je tek 1974. godine, ali su u drugoj polovini 1970-ih i dalje u 1980-ima prvi slovenski natjecatelji u orijentacijskom trčanju sudjelovali na već etabliranim natjecanjima u Hrvatskoj. Što se događalo po pitanju izrade i razvoja karata, bolje je poznato. Godine 1982. na obroncima Mrzlice nad Trbovljama, oko naselja Podmeja, Roman Sladič izradio je trobojnu orijentacijsku

kartu koja zbog broja upotrijebljenih boja nije u potpunosti pratila tadašnji ISOM, ali je izrađena kao posebna karta namijenjena orijentacijskom trčanju. Prvu peto-bojnu kartu u skladu s ISOM, kartu Rožnik u Ljubljani, izradili su 1987. srpski natjecatelji Mile Stevanović i Slobodan Radovanović, a dio koji pokriva park Tivoli dodao je jedan od pionira sportske orijentacije u Sloveniji Bojan Jevševar (slika 5).

Prve računalno izrađene karte napravili su Daniel Lebar, Boris Bauman i Dušan Petrovič krajem 1992. i početkom 1993. (Petrovič 2005) s pomoću programa OCAD 3, tada još DOS verzije. Kasnije je kvaliteta karata poboljšana upotrebom ortofota, GNSS uređaja, laserskih mjerača udaljenosti i kuta, a u posljednjem desetljeću uglavnom upotrebom podataka laserskog skeniranja Slovenije dostupnih za cijelo područje Slovenije od 2015. Do sredine 2022. godine u Sloveniji je izrađeno ukupno oko 900 orijentacijskih karata, 410 prema osnovnom ISOM-u, 377 karata za sprint (koje se koriste i za preciznu orijentaciju), 25 za orijentaciju brdskim biciklima, 12 za skijašku orijentaciju i dodatno 69 školskih orijentacijskih karata (OZS 2022) koje se izrađuju u većem mjerilu i nisu međunarodno unificirane, nego postoji samo predloženi skup kartografskih znakova.

6. Analiza uporabe matematičkih elemenata na odabranim primjerima orijentacijskih karata Hrvatske i Slovenije

U analizi nas je zanimalo u kojoj su mjeri u izrađenim orijentacijskim kartama na području Hrvatske i Slovenije u određenom razdoblju korišteni različiti matematički elementi, kako oni koji su propisani i obvezni (inače samo za korištenje karata za međunarodne utakmice), tako i oni koje specifikacije samo preporučuju. Prva se obvezna odredba odnosi na usmjerenje karte; od prvih specifikacija iz 1969. crte na karti trebaju pokazivati u smjeru magnetskog sjevera. Godine 1990. odredba o sjevernim linijama dopunjena je činjenicom da linije magnetskog sjevera moraju biti paralelne s obrezanim stranama papira karte. Druga se odredba odnosi na propisano mjerilo karte, ali je u određenim slučajevima moguće i odstupanje. To se posebno odnosi na terene s puno detalja gdje bi se prevelikom razinom generalizacije izgubila mogućnost prikazivanja značaja terena pa se crtači karata, u dogovoru s organizatorima, ponekad odlučuju i za veće mjerilo. Krševiti tereni Hrvatske i Slovenije svakako su takvi primjeri. Međutim, kod najstarijih karata, izrađenih samo na temelju nepreciznih terenskih mjerenja kompasom i koracima, upitna je i sama ispravnost određivanja stvarnog mjerila karte.

U specifikacijama se vrlo slobodno spominje pozicijska točnost, tek toliko da natjecatelj ne bi trebao niti

We checked all four mentioned properties on the selected orienteering maps of Croatia and Slovenia. For the area of Croatia, we only had available maps in printed form or their scanned version intended for the competitor. From this we were able to determine the first three properties, but not the georeferencing, since the coordinates are never indicated on the printed map, even if the digital map is georeferenced in the selected projection coordinate system. For the maps of Slovenia, we had access to data in digital format for all maps produced after 1993, from which, in addition to the first three properties, we could also determine whether the map was georeferenced in a selected global or national coordinate system.

For maps available only in printed form or in the form of a raster image, we compared them with the content of the topographic map 1:25,000 (TK 25), namely with the raster files of sheets from the period before the year 2000. All these sheets cover the area of Slovenia and Croatia. They contain a rectangular 1 km grid of the Gauss-Krueger map projections, calculated from ellipsoidal coordinates determined on the Bessel 1841 ellipsoid. The map grid is directed towards the projection north, but the meridian convergence value is given for each sheet. The positional accuracy of the TK 25 is estimated to be up to 15 m (Peterca et al. 1974), depending on the type of the elements displayed.

The analysis process was carried out by importing the raster image of each orienteering map into the file in which we had the georeferenced TK 25 raster sheets and aligning it in the direction of the vertical lines that indicate north. We then attached the imported orienteering map to TK 25 at one of the well-recognizable points and checked the direction deviation at another recognizable point as far away as possible. With this, we determined a possible rotation of the orienteering map, considering meridian convergence and magnetic declination. We also compared the distance between the same recognizable points and thus checked the adequacy of the map scale. Furthermore, by reviewing the entire content, we looked for positional deviations of recognizable objects and thus evaluated the positional accuracy. For maps available in digital vector format, we imported TK 25 as a background. In cases when the orienteering map was not georeferenced, we simply aligned it with the background, and then checked the direction, possible scale deviation and maximum positional displacements in the same way.

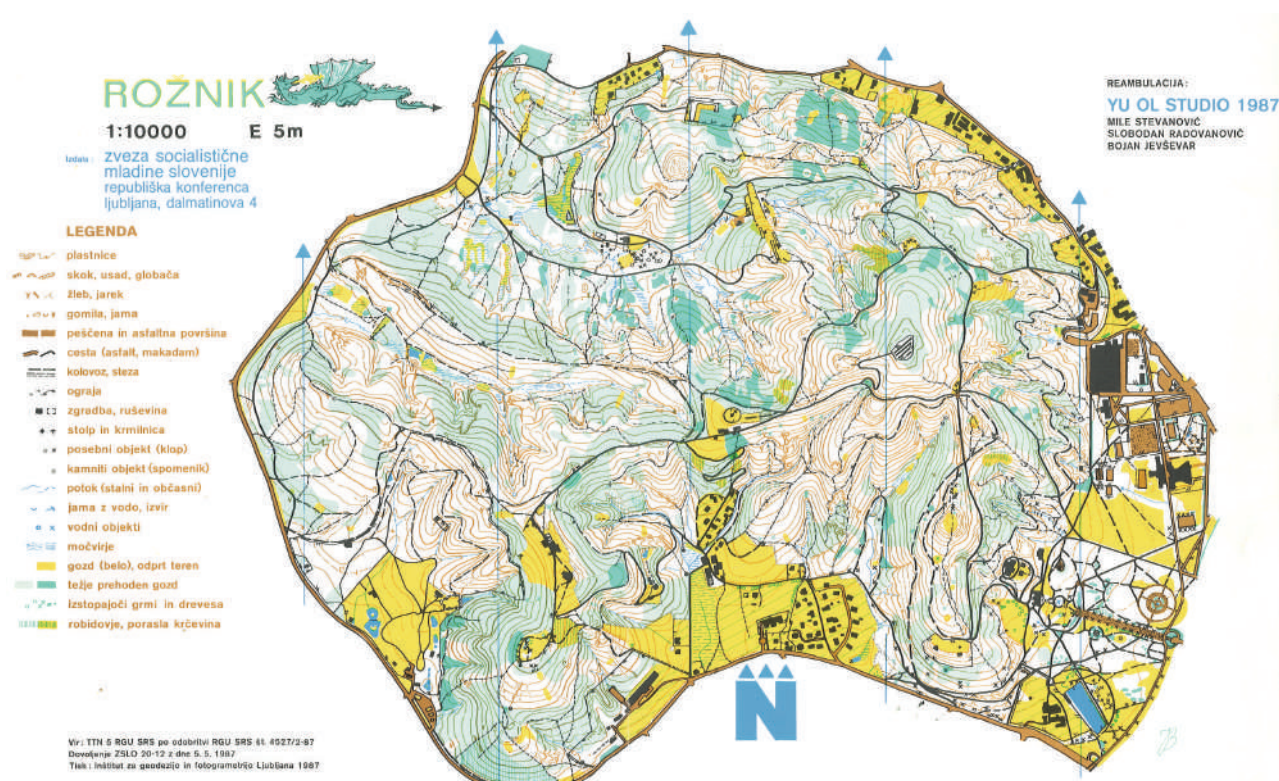
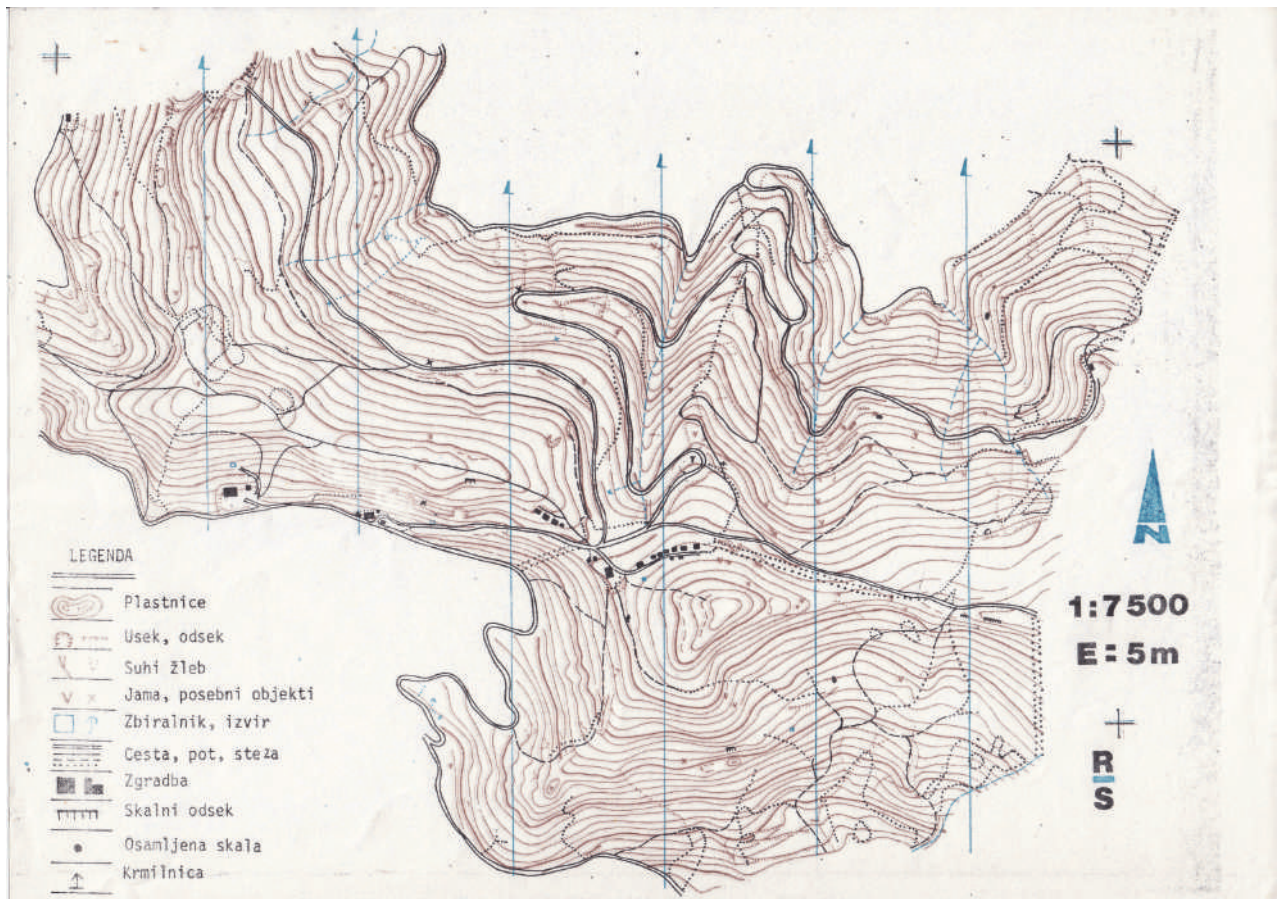
In the analysis, we have included some breakaway orienteering maps for the area of Croatia (Figure 6). The Ponikva map from 1984 belongs to the group of the first Croatian orienteering maps, made mainly on the basis

of field measurements with a compass and by counting steps. The map of Solarske Šume, made only three years later, was already made on the basis of aerial photographs from 1977. Both maps were still made entirely analogically, by drawing with ink on plastic foils. The Jurakovo map is made according to the specifications for mountain bike orienteering maps in 2004 with an upgrade of the previous orienteering map, originally made in 1982 and reworked in digital format and supplemented in 2002. The Dolje map is also made according to the specifications for mountain bike orienteering maps with an upgrade of the older orienteering map by Swedish cartographers from 1984. The Sestvetski Kraljevac map from 2021, unlike the previous ones, is one of the latest maps, made on the basis of all available topographical and other sources with the help of computer software tools and used in an international competition, the South-Eastern Europe Orienteering Championship.

For the sake of a more complete review of the state of orienteering maps and easier accessibility we included several maps for the area of Slovenia in the analysis. In addition to the two oldest, three-colour maps of Podmeja from 1982 and the five-colour map of Rožnik from 1987, we have included two more from the era of analogue map production, the Udin Boršt map from 1989, which was an example of a superbly produced orienteering map of that time, and the Črni vrh map from 1991, which was made in the area of a very unreliable topographical base, an outdated TTN 10 sheet. In the same area in Črni Vrh, in 1999, a map of Predgriže was produced, this time already in the OCAD computer SW, but it was analysed in the same way as the analogue maps with the aim of making the comparison as appropriate as possible (Figure 7). For the rest of the maps of Slovenia, available in digital format, we only checked the possible rotation from the descriptive properties of the file in relation to the projection coordinate grid and checked the geolocation.

7 Analysis Results and Discussion

The results of the analyses of all ten maps are shown in Table 1. The analysis of the adequacy of the map scale shows that the scale significantly deviates from the nominal only for the Dolje (5% too large, 1: 9,500 instead of 1:10,000) and Podmeja (7.5% too small) maps. For all other maps considered, the detected difference is less than 12.5 m / 1 km, which is the graphic accuracy of the comparison map TK 25. Given that these are two of the oldest maps analysed, produced on the basis of unknown sources with certainly extensive field measurement with steps and compasses, this difference is easily



Slika 5. Prve orijentacijske karte u Sloveniji, Podmeja pod Mrzlico (R. Sladič) i Rožnik (OK Tivoli).

Fig. 5 The first orienteering maps in Slovenia, Podmeja (R. Sladič) and Rožnik (OK Tivoli).

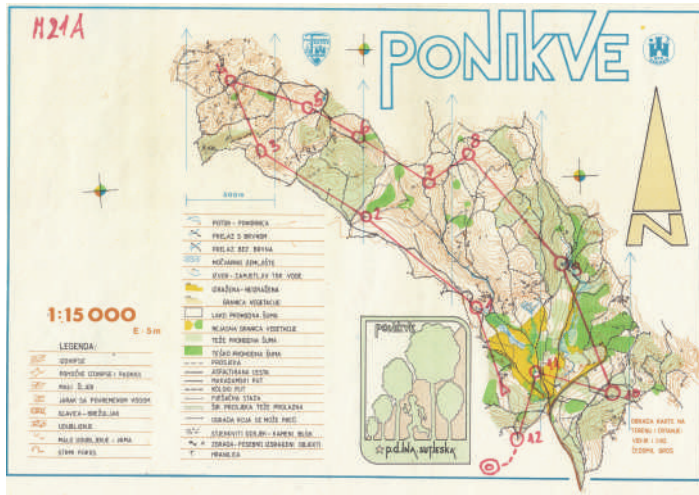
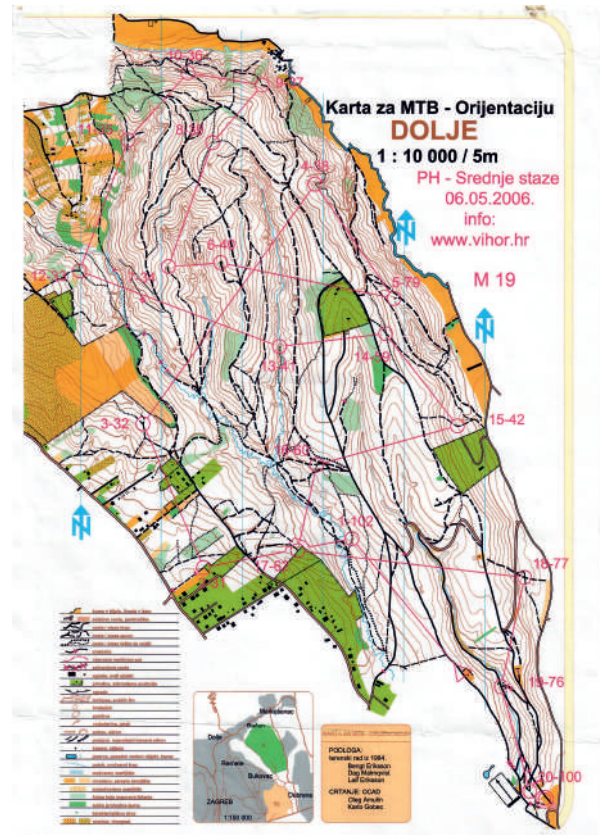


Fig. 6 Croatian orienteering maps included in the analysis (Č. Gros, OK Maksimir, OK Vihor).
Slika 6. Hrvatske orijentacijske karte uključene u analizu (vlasnici Č. Gros, OK Maksimir i OK Vihor).



primijetiti pozicijska odstupanja. U analizi smo, stoga, tražili moguća značajna položajna odstupanja sadržaja analiziranih karata u odnosu na usporedni izvor.

Posljednja spomenuta i preporučena značajka je georeferenciranje karte u odabranom geografskom koordinatnom sustavu. Osim što to pomaže izrađivačima karata u povezivanju različitih podataka, ovo je važno za korisnike u naknadnim analizama uz pomoć GNSS tragova ili u praćenju kretanja tijekom utrke s pomoću GNSS prijemnika, primjerice preko medija.

Sva smo četiri navedena elementa provjerili na odabranim orijentacijskim kartama Hrvatske i Slovenije. Za područje Hrvatske imali smo na raspolaganju samo karte u tiskanom obliku ili njihovu skeniranu verziju namijenjenu natjecatelju. Iz toga smo mogli odrediti prva tri svojstva, ali ne i georeferenciranje, budući da koordinate nikada nisu naznačene na tiskanoj karti, čak i ako je digitalna karta georeferencirana u odabranom koordinatnom sustavu projekcije. Za karte Slovenije imali smo pristup podacima u digitalnom formatu za sve karte izrađene nakon 1993. godine, iz kojih smo, osim prvih triju svojstava, mogli utvrditi je li karta georeferencirana ili izrađena u lokalnom koordinatnom sustavu.

Karte dostupne samo u tiskanom obliku, odnosno u obliku rasterske slike, usporedili smo sa sadržajem topografske karte 1:25 000 (TK 25), odnosno s rasterskim datotekama listova iz razdoblja prije 2000. godine. Ti listovi pokrivaju cjelokupno područje Hrvatske i Slovenije. Sadržje pravokutnu mrežu Gauss-Krügerove kartografske projekcije izračunate iz elipsoidnih koordinata određених na elipsoidu Bessel 1841. Koordinatna je mreža usmjerena prema projekcijskom sjeveru, ali je vrijednost meridijanske konvergencije navedena za svaki list. Pozicijska točnost TK 25 procjenjuje se na do 15 m (Peterca et al. 1974), ovisno o vrsti prikazanih elemenata.

Proces analize proveden je tako da smo u datoteku, u kojoj smo georeferencirali rasterske listove TK 25, uvezli rastersku sliku pojedine orijentacijske karte i poravnali je u smjeru vertikalnih linija koje označavaju sjever. Zatim smo uvezenu orijentacijsku kartu locirali na TK 25 na jednoj od dobro prepoznatljivih točaka, a odstupanje pravca provjerili na drugoj, što je moguće udaljenijoj prepoznatljivoj točki. Time smo odredili mogući zaokret orijentacijske karte uzimajući u obzir meridijansku konvergenciju i magnetsku deklinaciju. Također smo usporedili udaljenost između istih prepoznatljivih točaka i tako provjerili primjerenost navedenog mjerila. Nadalje, pregledom cjelokupnog sadržaja tražili smo odstupanja položaja prepoznatljivih objekata i na taj način ocjenjivali položajnu točnost. Za karte dostupne u digitalnom vektorskom formatu kao podlogu smo učitali TK 25. U slučaju da orijentacijska karta nije bila georeferencirana,

jednostavno smo je s pomakom poravnali s podlogom, a zatim, na već opisani način, provjerili smjer, moguće odstupanje u mjerilu i maksimalno položajno odstupanje.

U analizu smo uključili neke reprezentativne karte za područje Hrvatske (slika 6). Karta Ponikva iz 1984. godine pripada skupini prvih hrvatskih orijentacijskih karata izrađenih uglavnom na temelju terenskih mjerenja kompasom i brojanjem koraka. Karta Solarske šume, nastala tri godine kasnije, već je izrađena na temelju fotogrametrijske restitucije aerosnimaka iz 1977. godine. Obje su karte izrađene potpuno analogno, crtanjem tušem na plastičnim folijama. Karta Jurakovo izrađena je prema specifikacijama karata za orijentaciju brdskim biciklima s nadogradnjom prethodne orijentacijske karte, izvorno izrađene 1982. godine, a prerađene u digitalni oblik i dopunjene 2002. godine. Karta Dolje također je izrađena prema specifikaciji karata za orijentaciju brdskim biciklima uz nadogradnju starije karte za orijentacijsko trčanje švedskih kartografa iz 1984. Karta Sestvetski Kraljevac iz 2021. godine, za razliku od prethodnih, jedna je od najnovijih karata, izrađena na temelju svih dostupnih topografskih i drugih izvora uz pomoć računalnog programskog alata i korištena na međunarodnom natjecanju, Prvenstvu jugoistočne Europe.

Radi cjelovitijeg pregleda stanja orijentacijskih karata i lakše dostupnosti autoru istraživanja, u analizu smo uključili nekoliko karata za područje Slovenije. Uz dvije najstarije, trobojne karte Podmeja iz 1982. godine i peterbojne karte Rožnika iz 1987. godine, uvrstili smo još dvije iz doba analogne izrade karata – kartu Udin boršt iz 1989. godine, koja je bila primjer vrhunski izrađene orijentacijske karte tog vremena, te karte Črni vrh iz 1991. godine, izrađenu na području vrlo nepouzdanog topografske podloge, zastarjelog lista TTN 10. Na istom je području 1999. godine izrađena karta Predgriže, ovaj put već upotrebom programa OCAD, ali je analizirana na isti način kao i analogne karte s ciljem što prikladnije usporedbe (slika 7). Za ostale karte Slovenije, dostupne u digitalnom formatu, samo smo iz opisnih svojstava datoteke provjerili eventualnu rotaciju u odnosu na koordinatnu mrežu projekcije i provjerili geolokaciju.

7. Rezultati analize i rasprava

Rezultati usporedbe svih deset karata prikazani su u tablici 1. Analiza primjerenosti mjerila karte pokazuje da mjerilo značajno odstupa od nazivnog samo za karte Dolje (5% preveliko, 1:9500 umjesto 1:10 000) i Podmeja (7,5% premalo). Za sve je ostale razmatrane karte detektirana razlika manja od 12,5 m / 1 km, što je grafička točnost usporedne karte TK 25. S obzirom na to da se radi o dvjema najstarijim analiziranim kartama, izrađenima na

understood. Experienced competitors might be able to notice such an error when estimating the distance on the field, and mostly on the terrains where there are not many other details, and it is really necessary to estimate the length by counting steps at longer distances. Similar deviations would be expected in some other older, analogously produced orienteering maps, such as Ponikve or Črni Vrh, but apparently the authors of the maps used existing topographic maps as a basis for adopting the basic map skeleton. In the case of the Dolje map, one might expect that the scale error was eliminated during the conversion into digital form, but apparently the authors only digitized the existing map.

The analysis of the orientation of the discussed maps shows that, in most orienteering maps, the north lines are aligned with the map grid of the comparative TK 25, i.e. the projection north. Perceived differences of less than 0.5° are smaller than the accuracy threshold of the angle measurement on the analogue map. It could be concluded from this that the mentioned maps are not directed towards magnetic north in accordance with the specifications. However, additional thinking shows that this is not necessarily the case. The value of the magnetic declination in the area of Croatia and Slovenia has only in recent decades reached a value that is perceptible when measuring angles. Table 2 shows the magnetic declination values for Zagreb and Ljubljana for the period from 1980 to 2020 in ten-year intervals.

In addition to the declination, the deviation between the magnetic and projection north must also include the meridian convergence value, which for the Zagreb area in the TK 25 map projection is around 1° , and for the Ljubljana area around -0.5° . Thus, we can see that in the 80s, the possible shift of the north lines on the orienteering maps in relation to the rectangular grid of the cartographic projection used would not have reached the accuracy of the angle measurements on the map, and for the following two decades the accuracy of determining the direction in nature with a compass, as used in orienteering. That's why the authors of the orienteering maps didn't even bother with possible map rotation, which appears only in the last two decades. From the analysis, this can be seen on the Sesvetski Kraljevac map from 2021, where the measured offset is 4° . With Slovenian maps in digital form, the use of rotation appears in individual maps produced after 2005, but at the same time, in many maps produced in recent years, the rotation is not implemented.

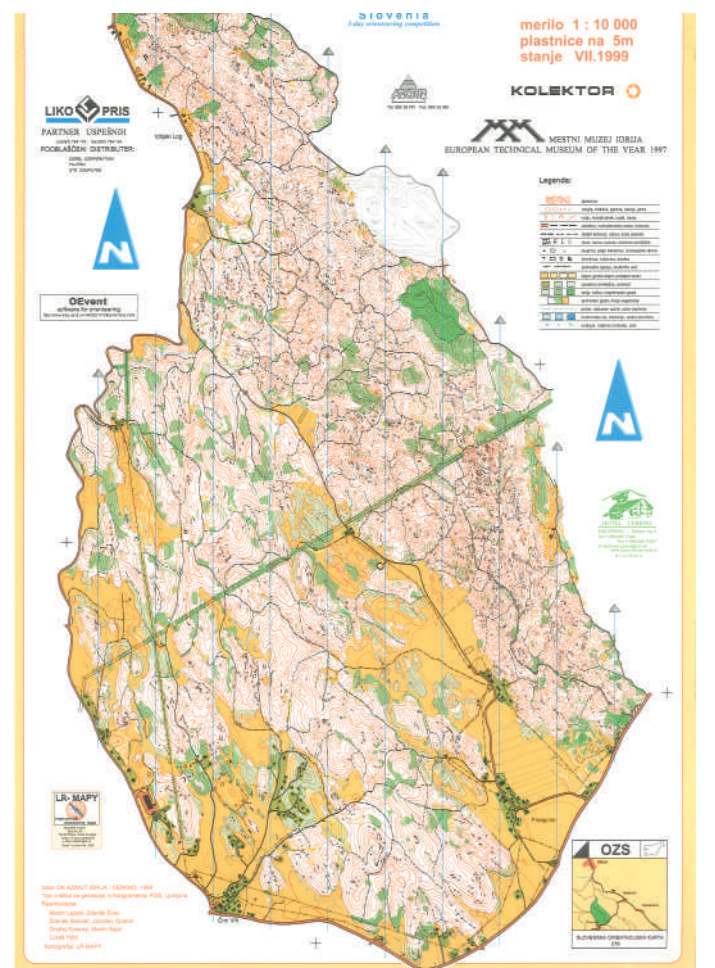
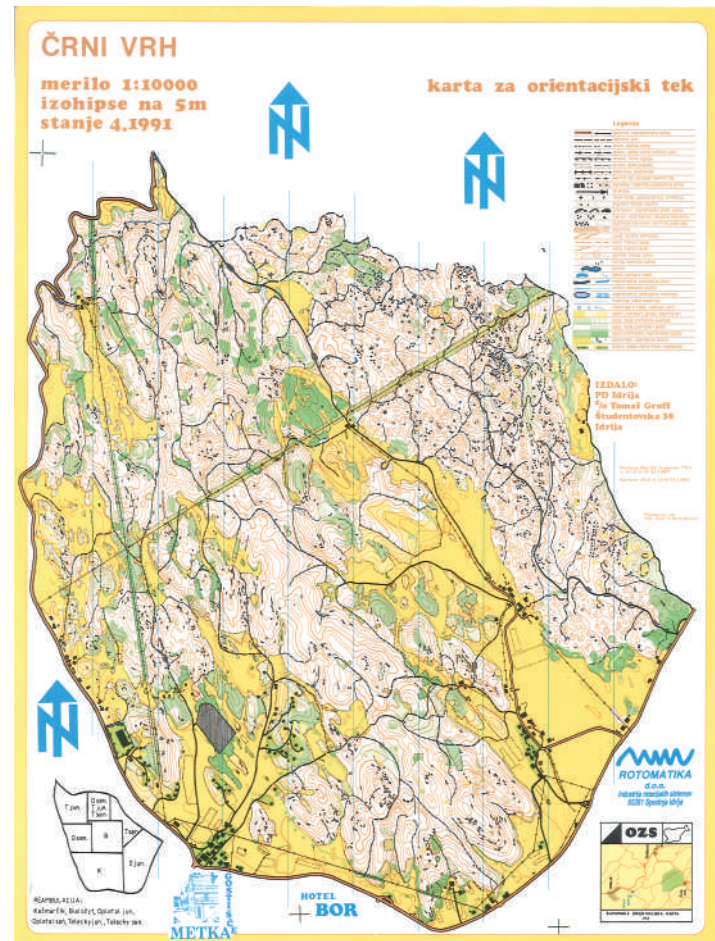
The relative positional accuracy, which must not exceed the value noticeable to the competitor when used in the field, is difficult to consistently evaluate with established methods and ways of assessing the quality of

maps (Jobst 2006). What competitors notice on the field as inaccuracy depends on very different factors, such as the density of objects, their diversity, height relationships, visibility on the terrain, etc. Therefore, instead of an exact analysis, we visually checked the actual maximum detected absolute deviations of the presentations of elements on the map. Since we used TK 25 as the background for comparison, we can only evaluate deviations greater than 15 m as reliable. In any case, before the evaluation, we corrected the detected scale error in the previously mentioned maps. Perceived deviations of up to 50 m were detected only on the map of Ponikve (Figure 8), and even then, mainly in the relief elements, which are difficult to determine in position.

The last mathematical element of orienteering maps defined by the specifications is their georeferencing. As expected, the first digitally produced maps were still in the local coordinate system with an origin point in the map area. The first georeferenced maps appeared at the end of the 90s, but not because of a different use of cartographic resources, but because this was made possible by the then new version of the OCAD software tool, which is almost exclusively used for the production of orienteering maps in Croatia and Slovenia. Since the mentioned period of the end of the 90s, all the maps produced have been georeferenced, but due to the change of national coordinate systems in Croatia and Slovenia, their coordinate base is not the same everywhere. It will certainly make sense in the future to transform the coordinates of all georeferenced maps into the current national coordinate systems of both countries. Cartographic software tools enable such transformation, but the user must understand and know the state of the national coordinate systems in order to perform the appropriate conversion in the tool. Also, some digitally produced maps from the first period were subsequently georeferenced, but often with a not very reliable method of alignment to a selected number of recognized identical points on the map and background.

8 Conclusion

As a rule, mathematical elements represent the most exact and unequivocally definable property of maps (Field 2018). This is not the case for orienteering maps, despite their highest level of standardization on a global scale. There are several reasons for this. First of all, orienteering maps are not made by cartographic experts, but by the competitors themselves, who often have no knowledge of the geodetic basis and mathematical elements of the map. Despite all the technological



Slika 7. Slovenske orijentacijske karte vključene u analizu, uz karte sa slike 5 (vlasnici OK Tivoli i OK Azimut).
Fig. 7 Slovenian orienteering maps included in the analysis, in addition to the maps from Figure 5 (OK Tivoli, OK Azimut).

Table 1 Analysis of the deviation of the scale and orientation of the selected 10 orienteering maps (OM) of Croatia and Slovenia.

Tablica 1. Analiza odstupanja mjerila i orijentacije 10 odabranih orijentacijskih karata (OK) Hrvatske i Slovenije.

Map	Country	Scale	Year of Creation	Angle TM (°)	Angle OM (°)	Offset (°)	Length TM (m)	Length OM (m)	Actual Scale	Map scale difference (%)
Karta	Država	Mjerilo	Godina izrade	Kut TK (°)	Kut OK (°)	Zaokret karte (°)	Duljina TK (m)	Duljina OK (m)	Stvarno mjerilo	Razlika mjerila (%)
Ponikve	Croatia	1:15,000	1981	142.6	142.1	0.5	2056.3	2081.3	15.182	-1.2
	Hrvatska	1:15 000	1981.	142,6	142,1	0,5	2056,3	2081,3	15.182	-1,2
Solarske šume	Croatia	1:15,000	1984	109.9	109.8	0.1	4198.8	4242.3	15.155	-1.0
	Hrvatska	1:15 000	1984.	109,9	109,8	0,1	4198,8	4242,3	15.155	-1,0
Jurakovo	Croatia	1:15,000	2004	101.1	101.4	-1.3	3913.4	3898.5	14.943	0.4
	Hrvatska	1:15 000	2004.	101,1	101,4	-1,3	3913,4	3898,5	14.943	0,4
Dolje	Croatia	1:10,000	2006?	172.4	172.5	-0.1	2459	2333	9.488	5.1
	Hrvatska	1:10 000	2006.?	172,4	172,5	-0,1	2459	2333	9.488	5,1
Sesvetski	Croatia	1:7500	2021	20.5	16.5	4.0	1896	1913	7.567	-0.9
Kraljevac	Hrvatska	1:7500	2021.	20,5	16,5	4,0	1896	1913	7.567	-0,9
Podmeja	Slovenia	1:7500	1982	15.0	16.3	-1.3	587	631	8.062	-7.5
	Slovenija	1:7500	1982.	15,0	16,3	-1,3	587	631	8.062	-7,5
Rožnik	Slovenia	1:10,000	1987	313.6	313.3	0.3	2245	2232	9.942	0.6
	Slovenija	1:10 000	1987.	313,6	313,3	0,3	2245	2232	9.942	0,6
Udin boršt	Slovenia	1:15,000	1989	313.5	313.6	-0.1	5247	5244	14.991	0.1
	Slovenija	1:15 000	1989.	313,5	313,6	-0,1	5247	5244	14.991	0,1
Črni Vrh	Slovenia	1:10,000	1991	346.6	346.7	-0.1	2195	2231	10.164	-1.6
	Slovenija	1:10 000	1991.	346,6	346,7	-0,1	2195	2231	10.164	-1,6
Predgriže	Slovenia	1:10,000	1999	356.6	357.1	-0.5	2674	2664	9.963	0.4
	Slovenija	1:10 000	1999.	356,6	357,1	-0,5	2674	2664	9.963	0,4

progress in all disciplines and forms of orienteering sports, orienteering maps are still used in analogue form, printed on paper, and when using them in the field, competitors can only use a compass to determine the direction and count steps for determining distances. Any coordinates are completely irrelevant for them, reading global coordinates from the map could even be problematic, because competitors could help themselves by using GNSS devices, which are prohibited by the rules. Also, that's the reason why the ISOM prescribes as mandatory mathematical elements only the map scale and its orientation towards magnetic north. Thus, orienteering maps are the perfect example of how user needs are decisive on maps. These maps are also so different from the usual topographic and thematic maps that only the users themselves can create high-quality ones.

Despite the fact that the ISOM rules are binding only for international competitions, due to the adaptation of the competitors to the maps used in international competitions, they are also used in the vast majority on maps intended for national or local use. The analysis of

the selected orienteering maps of Croatia and Slovenia thus showed that deviations from the specifications were present only in some of the earliest maps. Orientation of orienteering maps towards magnetic north became necessary in our area only after the year 2000, so understandably maps produced before this period are not rotated. However, we have detected orientational inconsistency even in some later produced orienteering maps, such as the analysed upgraded maps for mountain bike orienteering in Croatia or many of the digitally produced maps in the last two decades in Slovenia. The positional accuracy of all analysed maps is generally good considering the requirements and needs of navigation in the field, but for a reliable assessment, a much more extensive analysis of a carefully planned sample of objects or even the entire content should be performed. However, the problem of absolute accuracy, together with the problem of inadequate or imprecise georeferencing, is becoming increasingly apparent in other uses of orienteering maps - in subsequent analysis or real-time competitor tracking media shows, where significant deviations from the position of the competitor occur

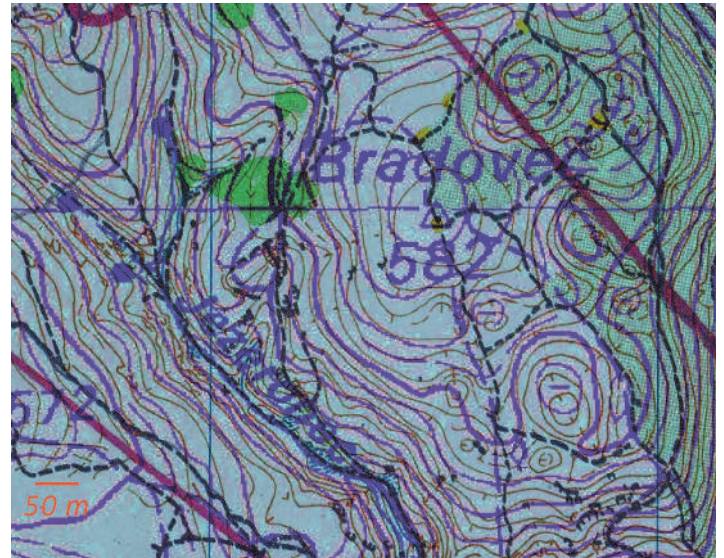
Tablica 2. Vrijednosti magnetske deklinacije za Zagreb i Ljubljanu za razdoblje od 1980. do 2020. godine (NCEI 2022).**Table 2** Magnetic declination values for Zagreb and Ljubljana for the period from 1980 to 2020 (NCEI 2022).

Deklinacija / Declination	1980	1990	2000	2010	2020
Zagreb	0,6° / 0.6°	1,4° / 1.4°	2,1° / 2.1°	3,1° / 3.1°	4,4° / 4.4°
Ljubljana	0,2° / 0.2°	1,0° / 1.0°	1,8° / 1.8°	2,8° / 2.8°	4,1° / 4.1°

temelju nepoznatih izvora s terenskim mjerenjem pomoću brojanja koraka i kompasa, razlika je razumljiva. Takvu bi grešku kod procjene udaljenosti na terenu možda mogli primijetiti iskusni natjecatelji, a i to uglavnom na terenima gdje nema puno drugih detalja pa je stvarno potrebno procjenjivanje duljine brojanjem koraka na većim udaljenostima. Slična bi se odstupanja očekivala i kod nekih drugih, starijih, analogno izrađenih orijentacijskih karata, poput Ponikva ili Črni vrh, no vjerojatno su autori karata koristili postojeće topografske karte kao osnovu za usvajanje osnovnog kostura karte. U slučaju karte Dolje moglo bi se očekivati da je pogreška mjerila otklonjena prilikom pretvorbe u digitalni oblik, no očito su autori samo digitalizirali postojeću kartu.

Analiza orijentacije razmatranih karata pokazuje da su kod većine orijentacijskih karata sjeverne linije usklađene s pravokutnom mrežom usporedne TK 25, odnosno projekcijskim sjeverom. Razlike manje od 0,5° su ispod praga točnosti mjerenja kuta na analognoj karti. Iz toga bi se moglo zaključiti da navedene karte nisu usmjerene prema magnetskom sjeveru u skladu sa specifikacijama. Međutim, promišljanje pokazuje da to nije nužno tako. Vrijednost magnetske deklinacije na području Hrvatske i Slovenije tek je u posljednjim desetljećima dosegla vrijednost uočljivu pri mjerenju kutova. Tablica 2 prikazuje vrijednosti magnetske deklinacije za Zagreb i Ljubljanu za razdoblje od 1980. do 2020. godine u desetogodišnjim intervalima.

Osim deklinacije, odstupanje između magnetskog i projekcijskog sjevera mora uključivati i vrijednost meridijanske konvergencije koja za područje Zagreba u kartografskoj projekciji TK 25 iznosi oko 0,7°, a za područje Ljubljane oko -0,3°. Dakle, možemo procijeniti da 1980-ih godina mogući pomak sjevernih linija na orijentacijskim kartama, u odnosu na pravokutnu mrežu korištene kartografske projekcije, ne bi dostigao ni točnost mjerenja kutova na karti, a i za sljedeća dva desetljeća točnost određivanja pravca u prirodi pomoću kompasa kakav se koristi u sportskoj orijentaciji. Zato se autori orijentacijskih karata nisu niti zamerali mogućim zaokretima koji

**Slika 8.** Primjer položajnih odstupanja između TK 25 (plavo) i orijentacijske karte Ponikve.**Fig. 8** Example of positional deviations between TK 25 (blue) and the orienteering map of Ponikve.

se javljaju tek u posljednja dva desetljeća. Iz analize je to vidljivo na karti Sesevetskog Kraljevca iz 2021. godine, gdje je izmjereni odmak 4°. Kod slovenskih karata u digitalnom obliku rotacija se pojavljuje na pojedinačnim kartama izrađenima nakon 2005., ali u isto vrijeme na mnogim kartama proizvedenima posljednjih godina rotacija nije primijenjena.

Relativnu položajnu točnost, koja ne smije prelaziti vrijednost koju natjecatelj primjećuje pri uporabi na terenu, teško je dosljedno vrednovati utvrđenim metodama i načinima ocjenjivanja kvalitete karata (Jobst 2006). Ono što natjecatelji uočavaju na terenu kao nepreciznost ovisi o vrlo različitim čimbenicima, kao što su gustoća objekata, njihova raznolikost, visinski odnosi, vidljivost terena itd. Stoga smo umjesto analiziranih karata vizualno provjeravali stvarna najveća detektirana apsolutna odstupanja prikaza elemenata na orijentacijskoj karti. Budući da smo kao osnovu za usporedbu koristili TK 25,

due to the limited absolute accuracy of the orienteering map, but also limited precision determined by GNSS.

Perhaps in the future we can also expect a technological upgrade of orienteering sports in the area of map use. Due to their precision and up-to-datedness, orienteering maps are not only useful for orienteering sports competitions. Maps on digital paper, monitoring a competitor or anyone else on the field with augmented reality methods, using multimedia glasses for technique training and more will certainly require unambiguously defined mathematical elements of the map, which will enable the synthesis

of various data, sensors and displays. The performed analysis will thus provide map owners with a cursory assessment of the condition of their maps and the necessary upgrades for various possible future forms of use.

Acknowledgement

The author acknowledges the financial support from the Slovenian Research Agency (research core funding No. P2-0227 Geoinformation infrastructure and sustainable spatial development of Slovenia).

Literatura / References

- Field K (2018) Cartography. ESRI
- Frangeš S, Frančula N, Lapaine M (2002) The Future of Cartography. *Cartography and Geoinformation*, Vol 1, No 1
- Hrvatski olimpijski odbor (2022) Savezi. <https://www.hoo.hr/hr/hrvatski-olimpijski-odbor/nacionalni-sportski-savezi/139-savezi-neolimpijskih-sportova/hrvatski-orijentacijski-savez> (accessed 7/2022)
- International Cartographic Association ICA (2003) Definitions. <https://icaci.org/mission/> (access 7/2022)
- International Orienteering Federation IOF (2022) International Specifications for Mapping. <https://orienteering.sport/iof/mapping/> (accessed 7/2022)
- Jobst M, Twaroch, FA (2006) An Evaluation Method for Determining Map-Quality. In: Riedl A, Kainz W, Elmes GA (eds) *Progress in Spatial Data Handling*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-35589-8_19
- Kimerling A, Buckley A, Muehrcke P, Muehrcke J (2016) Map Use. ESRI
- National Centers for Environmental Information NCEI (2022) Magnetic Field Calculators. <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#declination> (accessed 7/2022)
- Orientacijska zveza Slovenije OZS (2015) 25 let Orientacijske zveze Slovenije. http://www.orientacijska-zveza.si/datoteke/dokumenti/2015_10_25let_prireditev.pdf (accessed 7/2022)
- Orientacijska zveza Slovenije OZS (2022) Evidenca kart. <http://www.orientacijska-zveza.si/sl/karte.html> (accessed 7/2022)
- Orijentacijski klub Vihor OKV1 (2022) Karte za orijentacijsko trčanje. https://vihor.hr/old/stare_stranice/content_files/Maps/Okarte_popis.htm (dostup 7/2022)
- Orijentacijski klub Vihor OKV2 (2022) Povijest-orijentacijskog-sporta. <http://vihor.hr/povijest-orijentacijskog-sporta/> (accessed 7/2022)
- Ormeling F, Kraak MJ (2003) *Cartography, Visualization of Spatial Data*, CRC Press
- Peterca M, Radošević N, Milisavljević S, Racetin F (1974) *Kartografija*. Vojnogografski institut
- Peterca M (2001) *Matematična kartografija*. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- Petrovič D i dr. (2005) Orienteering Maps in Slovenia. In: *Proceedings of International Cartographic Conference*, A Coruna, Spain.
- Petrovič D i dr. (2006) *Orientacija: priručnik za orijentiranje v naravi in orientacijska tekmovanja*. Zveza tabornikov Slovenije.
- Robinson AH et al (1995) *Elements of Cartography*. John Wiley & sons, inc
- Zentai L (2001) Development of orienteering maps' standardization. In: *Proceedings of International Cartographic Conference*, Beijing, China. https://icaci.org/documents/ICC_proceedings/ICC2001/icc2001/file/f18002.doc (accessed 7/2022)
- Zentai L (2007) History of orienteering maps. 12th International Conference on Orienteering Mapping, Kiev, Ukraine. <http://lazarus.elte.hu/mc/12icom/zl.pdf> (accessed 7/2022)
- Zentai L (2022) Collection of o-map specifications. <http://lazarus.elte.hu/mc/museum/coll0.htm> (accessed 7/2022)

pouzdanima možemo ocijeniti samo odstupanja veća od 15 m. U svakom slučaju, prije evaluacije smo ispravili uočenu pogrešku mjerila na prethodno navedenim kartama. Uočena se odstupanja do 50 m odnose samo na kartu Ponikve (slika 8), uglavnom u elementima prikaza reljefa koje je teško pozicijski odrediti.

Posljednji je matematički element orijentacijskih karata definiran specifikacijama njihovo georeferenciranje. Kao što se i očekivalo, prve digitalno izrađene karte još su uvijek bile u lokalnom koordinatnom sustavu s početnom točkom 0,0 u području karte. Prve su se georeferencirane karte pojavile krajem 1990-ih, ali ne zbog drugačijeg korištenja kartografskih osnova, već zato što je to omogućila tada nova verzija programa OCAD koji se gotovo isključivo koristi za izradu orijentacijskih karata u Hrvatskoj i Sloveniji. Od navedenog su razdoblja kasnih 1990-ih, sve izrađene karte georeferencirane, ali zbog promjene državnih koordinatnih sustava u Hrvatskoj i Sloveniji njihova koordinatna osnova nije svugdje ista. Svakako će u budućnosti imati smisla preračunati koordinate svih georeferenciranih karata u aktualne nacionalne koordinatne sustave dotičnih dviju država. Kartografski softverski alati omogućavaju takvu konverziju, ali korisnik mora razumjeti i poznavati stanje nacionalnih koordinatnih sustava kako bi izvršio odgovarajuću transformaciju. Također, neke digitalno izrađene karte iz prvog razdoblja naknadno su georeferencirane, ali često ne baš pouzdanom metodom usklađivanja s odabranim brojem prepoznatih identičnih točaka na orijentacijski karti i topografskoj osnovi.

8. Zaključak

Matematički su elementi najpreciznije i nedvosmisleno određivo svojstvo karata (Field 2018). To nije slučaj s orijentacijskim kartama, unatoč njihovoj najvišoj standardizaciji na globalnoj razini. Za to ima više razloga. Kao prvo, orijentacijske karte obično ne prave kartografski stručnjaci, nego sami natjecatelji koji često i nemaju znanja o geodetskoj osnovi i matematičkim elementima karata. Unatoč svom tehnološkom napretku u svim granama i oblicima orijentacijskog sporta, orijentacijske se karte još uvijek koriste u analognom obliku, tiskane na papiru, a na terenu natjecatelj može samo koristiti kompas za određivanje smjera i brojanje koraka ili procjenu za određivanje udaljenosti. Bilo kakve koordinate za nje ga su potpuno neznčajne. Čak je i bolje da s karte nije moguće očitati neke globalne koordinate jer bi natjecatelj mogao koristiti GNSS uređaje koji po pravilima natjecanja nisu dopušteni. Međunarodni propisi ISOM-a, stoga, kao obvezne matematičke elemente propisuju samo mjerilo

karte i njezinu orijentaciju prema magnetskom sjeveru. Tako su orijentacijske karte odličan primjer karata koje su potpuno prilagođene načinu upotrebe i toliko različite od uobičajenih topografskih i tematskih karata da ih kvalitetno mogu izraditi samo korisnici sami.

Unatoč tome što su pravila ISOM-a obvezujuća samo za međunarodna natjecanja, zbog prilagodbe natjecatelja kartama na međunarodnim natjecanjima, ona se u velikoj većini koriste i na kartama namijenjenima nacionalnoj ili lokalnoj upotrebi. Analiza odabranih orijentacijskih karata Hrvatske i Slovenije pokazala je da su odstupanja od kriterija prisutna samo kod nekih od najranijih karata. Usmjeravanje orijentacijskih karata prema magnetskom sjeveru postalo je potrebno u našem području tek nakon 2000. godine pa se, razumljivo, karte izrađene prije tog razdoblja ne rotiraju. Međutim, uočili smo nedosljednost usmjeravanja prema magnetnom sjeveru čak i u nekim kasnije izrađenim orijentacijskim kartama kao što su analizirane nadograđene karte za orijentaciju brdskim biciklima u Hrvatskoj ili mnoge digitalno izrađene karte u posljednjim dvama desetljećima u Sloveniji. Položajna je točnost svih analiziranih karata uglavnom zadovoljavajuća s obzirom na zahtjeve i potrebe navigacije na terenu, no za pouzdanu bi ocjenu bilo potrebno provesti puno opsežniju analizu pažljivo planiranog uzorka objekata ili čak cjelokupnog sadržaja. Međutim, problem apsolutne točnosti, zajedno s problemom neadekvatnog ili nepreciznog georeferenciranja, postaje sve očitiji u drugim primjenama orijentacijskih karata – u naknadnim analizama ili praćenju medija u stvarnom vremenu, gdje dolazi do značajnih odstupanja pozicije natjecatelja zbog ograničenih apsolutnih točnosti orijentacijske karte, a i ograničene preciznosti GNSS uređaja koji nosi natjecatelj.

Možda u budućnosti možemo očekivati i tehnološku nadogradnju orijentacijskog sporta u području uporabe karte, a i proširenje kruga korisnika. Karte na digitalnom papiru, praćenje natjecatelja ili bilo koga drugoga na terenu metodama proširene stvarnosti, korištenje multimedijских naočala za trening tehnike i drugo svakako će zahtijevati jednoznačno definirane matematičke elemente karte koji će omogućiti sintezu različitih podataka, senzora i zaslona. Provedena će analiza tako vlasnicima karata dati letimičan uvid u stanje njihovih karata i potrebne nadogradnje za različite moguće buduće oblike korištenja.

Zahvala

Članak je nastao u sklopu istraživanja koje financira Slovenska agencija za istraživanje (program istraživanja br. P2-0227 Geoinformacijska infrastruktura i održivi prostorni razvoj Slovenije).