

Ludmila Jánošíková - Alexander Kubáni *

DOPRAVNÁ DOSTUPNOSŤ OBCÍ

TRANSPORT ACCESSIBILITY OF VILLAGES

V príspevku popisujeme model pre posudzovanie kvality hromadnej osobnej dopravy v územnosprávnom celku z hľadiska časovej dostupnosti obcí. Za modelované územie sme zvolili Žilinský kraj. Brali sme do úvahy kombinovanú cestnú a železničnú dopravu. Dostupnosť sme posudzovali v závislosti od troch kategórií cestujúcich: nepravidelne cestujúci, pracujúci a študenti. Výsledky boli vyhodnotené pomocou geografického informačného systému.

1. Úvod

V príspevku popisujeme model pre posudzovanie kvality hromadnej osobnej dopravy v územnosprávnom celku z hľadiska časovej dostupnosti obcí. Za modelované územie sme zvolili Žilinský kraj. Príspevok je zameraný na hromadnú osobnú dopravu, ktorá má napriek rastu individuálnej dopravy stále väčšinový podiel na osobnej doprave a je v záujme ochrany životného prostredia, aby sa tento pomer zachoval.

Kvalitu hromadnej osobnej dopravy možno posudzovať podľa rôznych kritérií, ako sú rýchlosť, bezpečnosť, spoľahlivosť, cena, vzdialenosť ku miestu poskytnutia služby (na najbližšiu autobusovú alebo železničnú zastávku), informovanosť, možnosť voľby medzi autobusovou a železničnou dopravou [2, 4]. V príspevku posudzujeme kvalitu hromadnej osobnej dopravy z hľadiska rýchlosti. Toto kritérium možno vyjadriť vo forme časovej dostupnosti obcí [1]. Časová dostupnosť obce je časové vyjadrenie odporu, ktorý musia obyvatelia obce prekonať pri cestovaní do centier ich aktivity. Centrami aktivity sú mestá, do ktorých ľudia dochádzajú za prácou a do škôl, ako aj administratívne centrá (krajské mesto a okresné mestá), ktoré sú sídlami dôležitých inštitúcií (úradov, súdov, polície) a zdravotníckych zariadení.

2. Metóda riešenia

2.1 Ťažisko centra a ťažisko obce

Zistiť časovú dostupnosť obce znamená vyhľadať v cestovnom poriadku autobusovej a železničnej dopravy najrýchlejšie spojenie, ktoré umožňuje v danom časovom intervale dopravu do centra dochádzky. Pretože v každom centre a vo väčšine obcí je viacero autobusových a neraz aj železničných zastávok, musíme najprv

This paper deals with a method for quality analysis of mass transport services in a region. Time accessibility of villages was chosen as a quality criterion. The region of Žilina was examined. The combination of bus and train transport was taken into account. Accessibility was examined in dependence on three categories of passengers: irregular passengers, working people and students. The results were analysed using a geographic information system.

1. Introduction

This paper deals with a model for evaluation of mass transport services quality in a region. The region of Žilina is examined. The paper is concerned with mass transport, which still plays the main role in personal transport in spite of individual transport growing, and it is on behalf of environment to preserve this proportion.

Quality of mass transport can be regarded from various points of view such as speed, safety, reliability, cost, distance to the place of service (to the nearest bus or railway station), information availability and possibility of choice between bus and railway transport [2, 4]. In this paper we evaluate quality of mass transport in terms of speed. This criterion can be expressed in the form of time accessibility of villages [1]. Time accessibility of a village is the resistance (measured in time units) to move between a village and an activity centre. Activity centres are cities where people travel for work and to schools as well as administration centres, i.e. centres of regions and districts where important institutions (like police, offices, courts and hospitals) reside.

2. The solution method

2.1 Reference points of centres and villages

To compute time accessibility of a village, the shortest connection between the village and the centre in a particular time period has to be found out in a bus or railway timetable. Since there are several bus stops and maybe several railway stations in a centre and in most villages, we have to determine which bus stop and

* Ing. Ludmila Jánošíková, CSc., Ing. Alexander Kubáni

Department of Transport Networks, Faculty of Management Science and Informatics, University of Žilina
e-mail: janosik@frdsa.fi.utc.sk

určiť, ktorá autobusová a železničná zastávka bude považovaná za ťažisko centra a obce.

Ťažiská centier sa určia na začiatku a zostávajú nezmenené vo všetkých výpočtoch. Pri hľadaní spojenia z obce do centra je ťažisko centra cieľovou zastávkou, pri hľadaní späť do centra je ťažisko centra východiskovou zastávkou. Ťažiskom centra pre železničnú dopravu je hlavná železničná stanica v meste (ak existuje). V autobusovej doprave je situácia zložitejšia, lebo autobusových zastávok je v meste viac a musíme z nich vybrať tú, ktorá je najviac využívaná, resp. je v strede mesta. Pretože nemáme údaje o tom, koľko cestujúcich denne využíva jednotlivé zastávky, určíme ťažisko centra podľa nasledujúceho pravidla: za ťažisko považujeme zastávku, v názve ktorej sa vyskytuje „autobusová stanica“, alebo zastávku, v názve ktorej sa vyskytuje „železničná stanica“ a podľa mapy je železničná stanica v centre mesta, alebo je ťažiskom zastávka, ktorá sa podľa názvu nachádza pri významnom objekte centra, napr. obecný úrad.

Ťažisko obce sa určí až po vyhľadanií spojení zo všetkých zastávok obce. Hoci sa príspevok zaoberá len časovou dostupnosťou, vznikol ako súčasť širšej analýzy, pri ktorej sa posudzovala aj cena dopravy. Preto sa pri výbere ťažiska obce berie do úvahy časová aj cenová dostupnosť. Najprv sa vypočíta aritmetický priemer časov najrýchlejších spojení z každej zastávky obce do ťažiska centra. Vypočíta sa tiež aritmetický priemer cien týchto spojení. Za ťažisko sa potom považuje zastávka Z, ktorá je z hľadiska času a ceny najbližšie k týmto priemerom, t. j. zastávka s najmenšou hodnotou výrazu:

$$\sqrt{(\text{priemerný_čas} - \text{čas}(Z))^2 + (\text{priemerná_cena} - \text{cena}(Z))^2}$$

2.2 Vyhľadanie spojenia v kombinovanej doprave

Dostupnosť sme vyšetrovali zvlášť pre autobusovú dopravu, zvlášť pre železničnú dopravu a potom aj s použitím kombinovaného spojenia. Spojenia sme vyhľadávali v elektronických cestovných poriadkoch pomocou knižnice funkcií zakúpenej od spoločnosti INPROP Žilina. Bohužiaľ, táto knižnica zatiaľ neumožňuje vyhľadávať kombinované spojenia, preto sme museli sami navrhnúť postup, ako tieto spojenia vyhľadávať.

Najprv treba určiť dvojice zastávok autobusová - železničná, medzi ktorými je možný prestup. To znamená, že v zozname autobusových zastávok musíme určiť zastávky, ktoré sú v blízkosti železničnej stanice. Vychádzame opäť z názvu autobusovej zastávky. Ak sa v názve vyskytuje výraz „železničná stanica“ alebo „železničná zastávka“, vytvoríme prepojenie medzi touto autobusovou zastávkou a príslušnou železničnou zastávkou v obci. Ak sa nepodarí prestupnú autobusovú zastávku identifikovať podľa názvu a napriek tomu vieme, že v obci je železničná stanica, môžeme ešte overiť, či v autobusovom cestovnom poriadku nie je pri niektorej zastávke vyznačený prestup na železničnú dopravu. V krajnom prípade sa spoľahneme na vlastnú skúsenosť alebo odhad.

Vyhľadanie kombinovaného spojenia cez všetky možné prestupné zastávky by trvalo neúmerne dlho, preto si dopredu stanovíme pre každú autobusovú aj železničnú zastávku tzv. kandidátov

railway station will be regarded as a reference point of the centre and the village, respectively.

Reference points are determined at the beginning and kept unchanged during the accessibility computations. A centre's reference point is the destination of connections from villages, and the origin of connections from the centre to villages. The centre's reference point for railway transport is the central railway station in the city (if there is one). The situation in bus transport is more complicated, since there are several bus stops in the city, and we have to choose the one that is most frequently used or that is in the city centre. Since information regarding the number of passengers using a particular stop is not available, a reference point of the centre is defined according to the following rules. The reference point is a stop, which name contains "bus station", or a stop which name contains "railway station" and the railway station is situated in the city centre, or a stop near an important institution, e.g. a municipal corporation.

A village reference point is determined after connections from all stops of the village have been found. Although the paper deals with time accessibility only, it originates in a broader analysis regarding transport cost as well. Therefore, time and cost is taken into account when the reference point of the village is chosen. First, an average of the shortest connection times from all stops in the village to the centre is computed. An average cost of these connections is computed as well. The reference point is then bus stop Z, which is the closest one to these averages. It is the stop with the minimal value of the following term:

$$\sqrt{(\text{average_time} - \text{time}(Z))^2 + (\text{average_cost} - \text{cost}(Z))^2}$$

2.2 A procedure for finding out a combined connection

Accessibility was examined for bus and railway transport, separately, and then as combined transport. Connections were found in the electronic timetables using the library purchased from the company INPROP Žilina. Unfortunately, this library does not assist in finding a combined connection. Therefore, we had to propose our own procedure.

First, the couplings of bus stop and railway station have to be defined allowing the change of transport. This means we have to determine a bus stop near railway station. We came up with the name of the bus stop. If the name contains the term "railway station" or "railway stop," we make an interconnection between this bus stop and the corresponding railway station. Even if we cannot identify junction this way, we still know that there is a railway station in the village, and we can check if a bus timetable indicates the possibility of change. In an extreme case we rely on our experience or estimate.

Finding out a combined connection through all junctions would take too long. Therefore, candidates for a combined connection are computed for every bus stop and railway station. The candidate is a sequence of junctions. The lower bound of combi-

na kombinované spojenie. Kandidátom budeme rozumieť postupnosť prestupných zastávok, pre ktoré platí, že dolný odhad doby spojenia cez tieto zastávky je lepší než doba spojenia len tým druhom dopravy, ku ktorému patrí počiatočná zastávka. Dolný odhad určíme ako súčet časov najrýchlejších spojení z počiatočnej zastávky do prvej prestupnej zastávky, medzi prestupnými zastávkami navzájom a z poslednej prestupnej zastávky do cieľovej zastávky plus čas potrebný na prestupy. Neberieme pritom do úvahy časovú nadväznosť spojov. Dobu potrebnú na prestup sme stanovili jednotne pre všetky dvojice prestupných zastávok na 10 minút. Pri hľadaní reálneho spojenia v danom časovom intervale potom testujeme len zapamätaných kandidátov.

2.3 Kategórie cestujúcich

Podľa účelu cesty môžeme cestujúcich rozdeliť do troch kategórií:

1. nepravidelne cestujúci – cestujú za účelom vybavenia úradných záležitostí alebo návštevy zdravotníckeho zariadenia;
2. pracujúci – dochádzajú denne do práce;
3. študenti, ktorí denne dochádzajú do stredných a vysokých škôl.

Každá kategória cestujúcich požaduje poskytnutie prepravnej služby v inom časovom intervale. Určíme ho na základe analýzy začiatkov a koncov pracovnej doby, vyučovania, úradných hodín a ordinačných hodín v zdravotníckych zariadeniach.

U nepravidelne cestujúcich sme za centrá dochádzky považovali krajské mesto a okresné mesto, t. j. administratívne centrá, v ktorých sídlia úrady, súdy, polícia, nemocnice. Dostupnosť sme vyšetrovali v čase 7.00 – 9.00 h pre príchod do centra a 12.00 – 14.00 h pre odchod z centra.

Pri stanovení centier dochádzky pre pracujúcich a študentov sme vychádzali zo štatistických údajov z roku 1998 o počte dochádzajúcich obyvateľov do jednotlivých miest. U pracujúcich sme za centrá dochádzky považovali:

- mestá v okrese, v ktorom sa obec nachádza, z ktorých počet dochádzajúcich ekonomicky aktívnych obyvateľov je aspoň 1000,
- mestá v susedných okresoch, kde počet dochádzajúcich pracujúcich prekračuje 2000.

Pre príchod do centra dochádzky sme uvažovali časový interval 5.00 – 7.00 h, pre odchod 14.00 – 16.00 h.

U študentov sme za centrá dochádzky považovali

- mestá v okrese, kde počet dochádzajúcich študentov dosahuje aspoň 500,
- mestá v susedných okresoch, do ktorých dochádza aspoň 1000 študentov.

Pre príchod do centra dochádzky sme uvažovali časový interval 7.00 – 8.00 h, pre odchod 12.00 – 14.00 h.

Tab. 1 udáva prehľad centier dochádzky pre pracujúcich a študentov podľa jednotlivých okresov.

ned connection time through these junctions is better than connection time using only one kind of transport. The lower bound equates the sum of the shortest connection times from the station of origin to the first junction, times between junctions and from the last junction to the destination station plus delays for changing. Time consecution of connections is not taken into account. Delay for changing was set as 10 minutes for each junction. To find out a real connection in a particular time period, just the stored candidates are tested.

2.3 Categories of passengers

According to the purpose of their journey, passengers can be divided into three categories:

1. irregular passengers – they journey to arrange their office business or to attend health centre;
2. working people – they journey daily for work;
3. students – they journey daily to secondary schools and universities.

Each category of passengers requires transport service in a different time period. Important time periods can be derived from the beginning end the end of working hours, office hours and lessons at schools.

Regional capital and district towns where offices, courts, police and hospitals reside are considered as centres for irregular passengers. Time periods 7.00 – 9.00 for arrival to a centre and 12.00 – 14.00 for departure were taken into account, respectively.

The centres for working people and students were determined according to statistical data from 1998 using numbers of incoming people to particular cities. For working people these cities were considered as centres:

- cities in the district where a particular village lies and the number of incoming working people is at least 1000,
- cities in the neighbouring districts where the number of incoming working people is at least 2000.

Time periods 5.00 – 7.00 for arrival to a centre and 14.00 – 16.00 for departure were taken into account, respectively.

For students these cities were considered as centres:

- cities in the district where the number of incoming students is at least 500,
- cities in the neighbouring districts where the number of incoming students is at least 1000.

Time periods 7.00 – 8.00 for arrival to a centre and 12.00 – 14.00 for departure were taken into account, respectively.

Tab. 1 lists the centres for working people and students sorted by districts.

Centrá dochádzky pre pracujúcich a študentov
Centres for working people and students

Tab.1

District	Centres for	
	working people	students
Bytča (BY)	Bytča, Žilina	Žilina
Čadca (CA)	Čadca, Krásno nad Kysucou, Kysucké Nové Mesto, Turzovka, Žilina	Čadca, Kysucké Nové Mesto, Žilina
Dolný Kubín (DK)	Dolný Kubín, Itebné, Ružomberok	Dolný Kubín, Itebné, Ružomberok
Kysucké Nové Mesto (KM)	Kysucké Nové Mesto, Čadca, Žilina	Kysucké Nové Mesto, Čadca, Žilina
Liptovský Mikuláš (LM)	Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok, Ružomberok	Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok, Ružomberok
Martin (MA)	Martin, Vrútky, Ružomberok, Žilina	Martin, Vrútky, Ružomberok, Žilina
Námestovo (NA)	Námestovo, Nižná, Trstená	Námestovo
Ružomberok (RU)	Ružomberok, Liptovský Mikuláš, Dolný Kubín, Martin	Ružomberok, Liptovský Mikuláš, Dolný Kubín, Martin
Turčianske Teplice (TT)	Turčianske Teplice, Martin, Vrútky	Turčianske Teplice, Martin
Tvrdošín (TS)	Tvrdošín, Trstená, Nižná, Námestovo	Tvrdošín, Nižná, Námestovo, Dolný Kubín
Žilina (ZA)	Žilina, Martin, Vrútky	Žilina, Martin

2.4 Dostupnosť pre viac centier dochádzky

Komplexný obraz o kvalite dopravy pre danú obec a danú kategóriu cestujúcich poskytuje dostupnosť vypočítaná podľa vzťahu

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n I_{ij} * CF_j}{\sum_{j=1}^n CF_j}$$

kde: A_i - je dostupnosť obce i , $i = 1, 2, \dots, m$
 I_{ij} - je odpor, t. j. čas spojenia z obce i do centra j , $j = 1, 2, \dots, n$
 CF_j - je komplexný faktor atraktivity centra j .

Dostupnosť je teda váženým aritmetickým priemerom časov spojenia, pričom význam jednotlivých časov je určený váhou – atraktivitou centra [3]. Atraktivita centier je iná pre každú kategóriu cestujúcich. U nepravidelne cestujúcich sú obidve centrá (krajské aj okresné mesto) rovnako atraktívne, preto $CF_j = 1$ pre všetky $j = 1, 2, \dots, n$. U pracujúcich je atraktivita centra daná počtom dochádzajúceho ekonomicky aktívneho obyvateľstva a u študentov počtom dochádzajúcich študentov.

3. Vyhodnotenie kvality

V rámci rozsiahlej analýzy sme skúmali každý druh dopravy zvlášť, ako aj kombinované spojenia. V tomto príspevku zhrnieme výsledky pre kombinovanú dopravu.

Vypočítané hodnoty dostupnosti sme graficky znázornili pomocou geografického informačného systému IDRISI (pozri obr. 1 až 3). Podľa vypočítaných časov môžeme obce rozdeliť do štyroch kategórií:

- obce s dostupnosťou do 40 minút – úroveň obsluhy dobrá

2.4 Accessibility for more activity centres

A complex image of quality of transport for a particular village is given by the accessibility formulation

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n I_{ij} * CF_j}{\sum_{j=1}^n CF_j}$$

where: A_i - is accessibility of village i , $i = 1, 2, \dots, m$
 I_{ij} - is resistance, i.e. time of connection from village i to centre j , $j = 1, 2, \dots, n$
 CF_j - is a complex factor of attraction of centre j .

Accessibility is then a weighted arithmetic average of connection times taken as a weight factor attraction of centres [3]. Attraction of a centre is different for every category of passengers. For irregular passengers both centres (regional capital and district town) have the same attraction, hence $CF_j = 1$ for every $j = 1, 2, \dots, n$. For working people and students, attraction of a centre is given by the number of incoming working people and students, respectively.

3. Quality evaluation

In the framework of a broad analysis we investigated every kind of transport separately as well as combined transport. In this paper we present the results for combined transport.

The values of accessibility are graphed in Fig. 1 to 3 using geographic information system IDRISI. According to computed accessibility, villages can be divided into four categories:

- villages with accessibility up to 40 minutes – good service level
- villages with accessibility up to 60 minutes – satisfactory service level

- obce s dostupnosťou do 60 minút - úroveň obsluhy uspokojivá
- obce s dostupnosťou do 100 minút - úroveň obsluhy neuspokojivá
- obce s dostupnosťou nad 100 minút - úroveň obsluhy zlá.

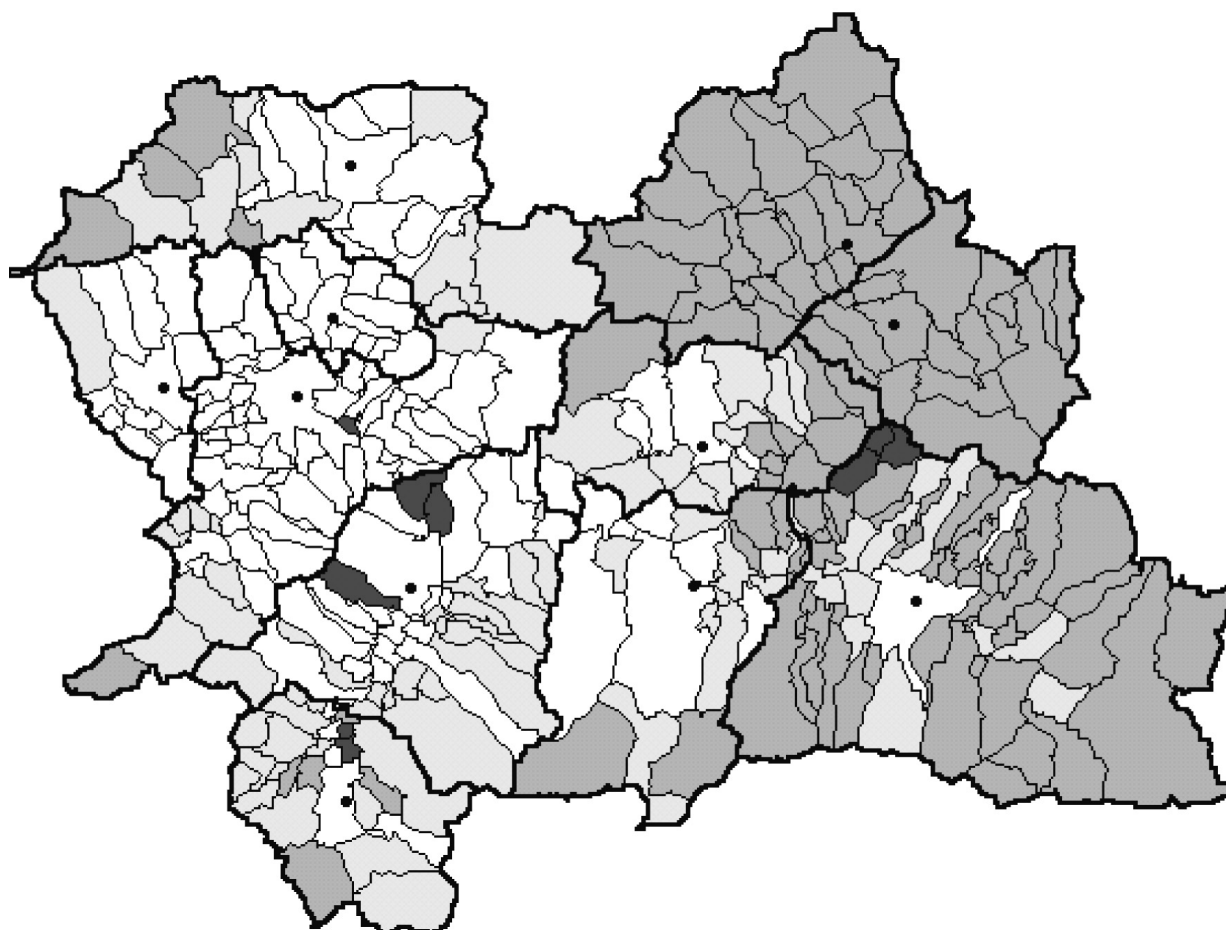
Vo výsledných mapových zostavách sú tieto kategórie znázornené odtieňmi sivej farby, od bielej po tmavosivú.

Na obr. 1 je znázornená výsledná dostupnosť obcí pre nepravidelne cestujúcich pre príchod do centra v časovom intervale 7.00 - 9.00 h. Získané výsledky poukazujú na dobrú úroveň spojenia v okresoch BY, KM, ZA a MA. Na prijateľnej úrovni sa pohybuje aj väčšina obcí v okresoch CA, RU, TT a DK. Neuspokojivé údaje sa objavujú v okrese LM. V okresoch TS a NA je úroveň dostupnosti výrazne neuspokojivá. Charakteristiky dopravy pre odchod z centra v čase 12.00 - 14.00 h sú o niečo horšie ako pre príchod. V každom okrese, okrem BY, KM a RU, sa niekoľko obcí presunulo do horšej kategórie.

- villages with accessibility up to 100 minutes - unsatisfactory service level
- villages with accessibility above 100 minutes - bad service level

In the resulting maps these categories are graphed by shades of grey from white to dark.

Accessibility of villages for irregular passengers arriving to a centre in the time period 7.00 - 9.00 is presented in Fig. 1. The results indicate a good level of connections in districts BY, KM, ZA and MA. Satisfactory level is in districts CA, RU, TT and DK. Villages on the unsatisfactory level are detected in district LM. In districts TS and NA, accessibility is on a bad level. Transport performance for departure from a centre in the time period 12.00 - 14.00 is a bit worse than for arrival. In every district except BY, KM and RU, some villages moved to a worse category.



Obr. 1. Nepravidelne cestujúci, príchod 7.00 - 9.00 h
Fig. 1. Irregular passengers, arrival at 7.00 - 9.00

V tejto kategórii cestujúcich sa na nevyhovujúcej dostupnosti obcí Oravy a horného Liptova podpísala ich veľká vzdialenosť do krajského mesta. Skúmali sme preto, či sa problémy vyriešia novým

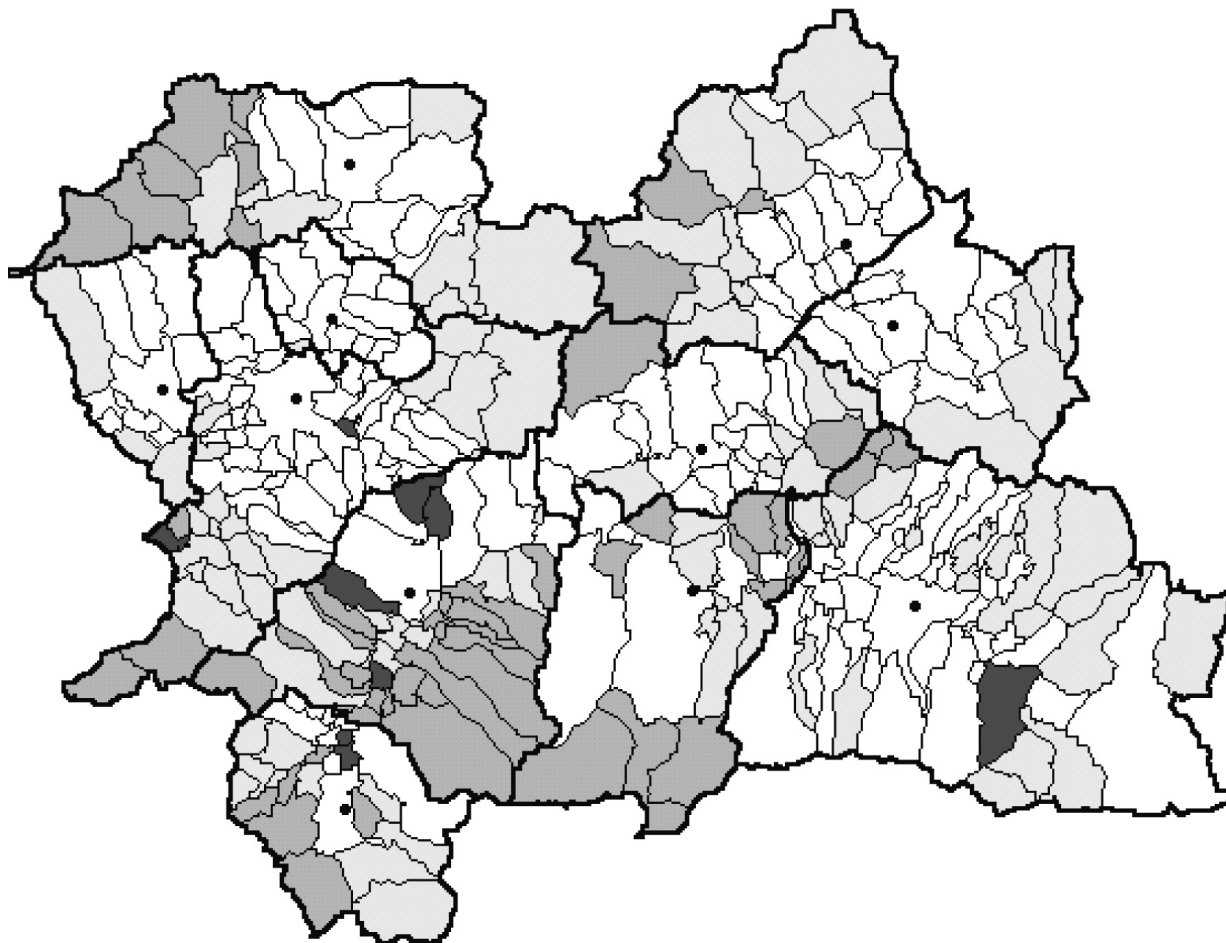
One of the reasons for unsatisfactory accessibility of villages in the area of Orava and Liptov is their large distance to the regional capital. Therefore, we investigated whether the proposed terri-

územnosprávnym členením Slovenska, podľa ktorého by okresy NA, TS, DK, MA, TT, RU a LM patrili do kraja s centrom v Ružomberku. Aj keď sme si vedomí toho, že nové územnosprávne členenie prinesie zmenu cestovných poriadkov, výsledky, ktoré sme získali za súčasného stavu, mnohé naznačujú. Predovšetkým sme zistili, že vytvorenie nového kraja s centrom v Ružomberku by zlepšilo dostupnosť obcí v okresoch DK, RU a LM. V okresoch NA, TS a TT by sa však situácia výrazne nezlepšila. Spojenie Oravy s Ružomberkom sa dá zlepšiť v autobusovej doprave, kde je k dispozícii kvalitná cesta E77 spájajúca okresy DK a TS priamo s Ružomberkom. Železničná doprava v tejto oblasti nemá veľké možnosti zlepšenia, využiť by sa dali rezervy v nadväznosti vlakov v Kralovanoch.

Na obr. 2 je znázornená výsledná dostupnosť obcí pre pracujúcich pre príchod do centra v časovom intervale 5.00 – 7.00 h. Výsledky ukázali horšiu dostupnosť obcí v západnej časti okresu CA a v južnej časti okresov MA, TT a RU. Dostupnosť pre čas odchodu z centra medzi 14.00 a 16.00 h má podobný charakter, ale neuspokojivá je aj v južnej časti okresu ZA.

tory and administrative structure of the Slovak Republic can help to solve the problem. According to the new structure, districts NA, TS, DK, MA, RU and LM are supposed to be a part of the region with the capital Ružomberok. Although we are aware that the new regional structure will cause changes in timetables, our present results are interesting. We found out that the new region with the centre in Ružomberok improves accessibility of villages in districts DK, RU and LM. However, the situations in districts NA, TS and TT are not much better. The connection between Orava and Ružomberok can be improved in bus transport where a good road (E77) connecting districts DK and TS with Ružomberok is available. Railway transport in this region does not have much possibility for improvement. Reserves in time consecution of trains in Kralovany could be exploited.

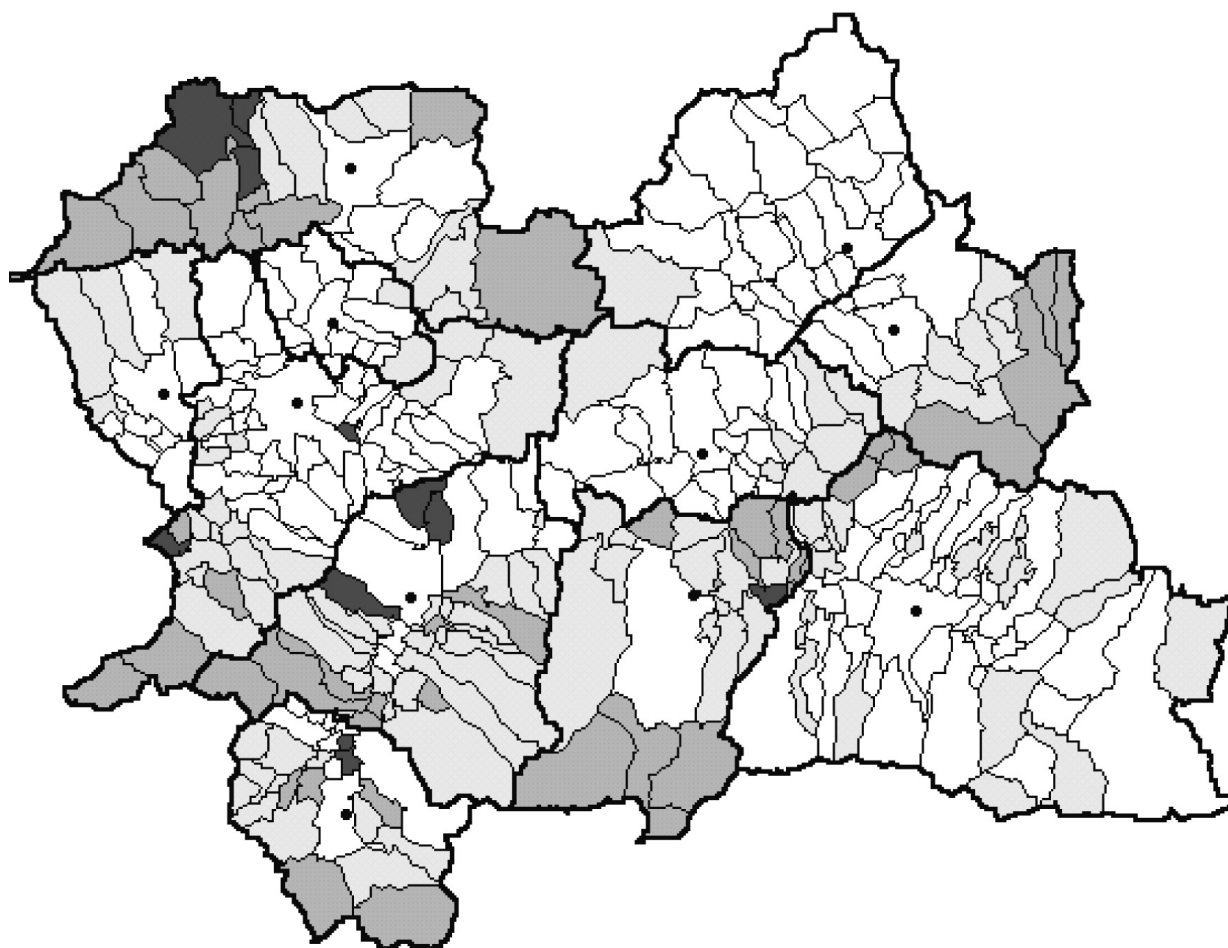
Accessibility of villages for working people arriving to a centre in the time period 5.00 – 7.00 is presented in Fig. 2. The results indicate worse accessibility of villages in the west part of district CA and in the south part of districts MA, TT and RU. Transport performance for departure from a centre in the time period 14.00 – 16.00 is similar, but unsatisfactory accessibility is also in the south part of district ZA.



Obr. 2. Pracujúci, príchod 5.00 – 7.00 h.
Fig. 2. Working people, arrival at 5.00 – 7.00

Na obr. 3 je znázornená výsledná dostupnosť obcí pre študentov pre príchod do centra v časovom intervale 7.00 – 8.00 h. Výsledky sú podobné výsledkom, ktoré boli získané pre skupinu pracujúcich. Dobrá kvalita dopravy sa potvrdila v okresoch BY, KM, DK, NA a LM, mierne nedostatky sa prejavili na hraniciach kraja v okresoch ZA, TS, MA, TT a RU. Najhoršie obsluženým okresom je okres CA.

Accessibility of villages for students arriving to a centre in the time period 7.00 – 8.00 is presented in Fig. 3. The results are similar to those calculated for the group of working people. Transport services are of good quality in districts BY, KM, DK, NA and LM. Moderately insufficient quality is indicated along the borders of the region in districts ZA, TS, MA and RU. The worst accessibility is in district CA.



Obr. 3. Študenti, príchod 7.00 – 8.00 h
Fig. 3. Students, arrival at 7.00 – 8.00

Literatúra - References

- [1] HRNČIAR, M.: *Nové správne usporiadanie Slovenskej republiky a dostupnosť správnych centier*. In: Horizonty dopravy 4/1996. vyd. VÚD Žilina, 1996. str. 1-3
- [2] CENEK, P., HRNČIAR, M.: *Problèmes actuelles de la logistique des services en Slovaquie*. In: Studies of the Faculty of Management Science and Informatics, University of Žilina. vyd. ŽU Žilina, 1998. str. 9-16
- [3] MATIS, P., HRNČIAR, M.: *Model of accessibility for centres in Slovak republic*. In: Preprints of the 10th International Scientific Conference Communications on the Edge of the Millennium, Žilinská univerzita v Žiline. vyd. ŽU Žilina, 1998. str. 21-24
- [4] Správa výskumnej úlohy č. C519/2 „Model komunikačnej obsluhy územnosprávneho celku – kraja“, vyd. ŽU Žilina, 2000.