

Tomáš Hollarek – Imrich Molnár – Jozef Paľo \*

## MODELOVANIE PREPRAVNÉHO A DOPRAVNÉHO PROCESU ÚZEMNOSPRAVNEHO CELKU – KRAJA

### THE MODELING OF TRANSPORTATION AND TRANSPORT PROCESSES OF A TERRITORY ADMINISTRATION REGION

*Rozvoj dopravy spôsobil vznik komplikovaných dopravných problémov, ktorých riešenie si vyžaduje uplatňovanie dopravno-inžinierskych metód. Modelovanie prepravného a dopravného procesu vo väčších územných celkoch je veľmi aktuálne aj z dôvodu dostavby cestnej a diaľničnej siete a zhodnotenia jednotlivých variantov riešenia. V ostatnom období sa začali formulovať nové dopravno-plánovacie modely na princípe členenia obyvateľstva do skupín s rovnakým správaním v dopravnom procese. Hovorí sa im dezagregované alebo individuálne a jedným z cieľov riešenia výskumnej úlohy bolo overiť tento model v konkrétnych podmienkach Žilinského kraja a porovnanie dosiahnutých výsledkov s doteraz používanými agregovanými modelmi, ktoré sa líšia len v časti výpočtu požiadaviek na premiestňovanie.*

#### 1. Úvod

Dopravné problémy nadobudli na konci 20. storočia neželateľný rozmer. Ich riešenie je tým komplikovanejšie, čím väčšie a zložitejšie je predmetné územie a je v zásade možné len využitím moderných modelovacích metód dopravného inžinierstva, ktoré objasňujú požiadavky obyvateľstva na ich potrebné premiestňovanie v priebehu dňa, v závislosti od rozloženia urbanistických aktivít v území a v konfrontácii s ponukou dopravných systémov, zabezpečujúcich ich pokrytie. Moderné dopravno-inžinierske metódy umožňujú modelovať celý tento proces a teda aj hľadať najvhodnejšie riešenie pre dané územie tak, aby obyvateľstvo nevnímalo dopravný proces ako negatívnu stránku svojho životného prostredia.

Je potrebné, aby spracúvaná územnoplánovacia, ale aj dopravno-inžinierska dokumentácia riešila dopravnú problematiku v území s využitím najnovších poznatkov, čo prispieje k jej podstatnému skvalitneniu. Územné plánovanie je súčasťou systému riadenia rozvoja spoločnosti. Musí vychádzať z národohospodárskeho plánu, socio-ekonomických vzťahov a určených priorít rozvoja spoločnosti. Tieto musí premietnuť do konkrétneho územia, riešiť jeho komplexné využitie, zabezpečiť vecnú a časovú koordináciu všetkej ľudskej činnosti, ovplyvňujúcu rozvoj územia. Doprava má v územnoplánovacom procese svoje špecifické postavenie. Zabezpečuje

*The development of transport caused the rise of complex transport problems, which require the application of transport engineering methods if they are to be solved. The modeling of transportation and transport processes in major territory units is a current problem for the reason of completing the road and motorway networks and considering individual variants of the solution. Recently, new transport planning models have been formulated on the principle of dividing the inhabitants into the groups with similar behavior in the transport process. They are called non-aggregative or individual, and one of the aims of the research project was to test these models in the region of Žilina, and to compare the results with the aggregative models which have been used so far and which are different only in the list of requirements for transfer.*

#### 1. Introduction

At the end of the 20th century transport problems reached undesirable dimensions. The bigger and the more complex the given territory, the more difficult the solution. It is possible only with the application of modern modeling methods of transport engineering. These clarify the requirements of the population for their necessary transfer during the day depending on the arrangement of urban activities in the territory, and in the confrontation with the actual offer of transport systems attempting to meet these requirements. Modern transport engineering methods make it possible to model the whole process, which also means to seek the best solution for the given area so that the inhabitants do not perceive the transport process as a negative part of their environment.

It is necessary that the processed regional –planning and transport-engineering documentations solve the transport situation in an area using the latest knowledge, and so help to improve it. Urban planning is a part of the system of the society development control. It needs to be based on the macroeconomic plan, socio-economic relations and given priorities of the society development. It must project these into the area, solve its complex exploitation, and arrange for the material and time coordination of all human activities influencing the area development. Transport has a specific position in the process of regional planning. It provides a mutual

\* Prof. Ing. Tomáš Hollarek, PhD., Ing. Imrich Molnár, Ing. Jozef Paľo

Department of Road and City Transport, University of Žilina, Veľký diel, SK-010 26 Žilina, Slovak Republic,  
Tel.: ++421-41-5133279, E-mail: palo@fpedas.utc.sk

vzájomné prepojenie základných funkcií v území a to nutným premiestňovaním osôb a nákladov. Špecifickosť dopravy spočíva v jej rôznych systémových možnostiach pri uspokojovaní týchto potrieb v danom území, ale aj v dynamike prepravného procesu.

Napriek tomu, že sa dopravné inžinierstvo ako vedný odbor prednáša na našich vysokých školách už od začiatku šesdesiatych rokov a dopravné riešenia väčších miest boli spracované s využitím v tom čase používaných najmodernejších metód a postupov, v ostatnom období je badateľná opačná tendencia, teda riešenie dopravných problémov jednoduchými metódami, bez dôkladnej analýzy problémov a objektívneho zhodnotenia možných riešení.

Moderné dopravné inžinierske metódy vyžadujú kvalitnú výpočtovú techniku vrátane softvéru, ale aj podstatne detailnejšie vstupné podklady, predovšetkým o správaní sa obyvateľstva v prepravnom procese. Zavádzanie týchto metód u nás zlyháva predovšetkým pre nedostatok potrebných podkladov o prepravnom procese, ktorých získavanie je práčne a nákladné. Ide o dopravné-sociologické prieskumy priamo v domácnostiach riešeného územia, ktorými sa získavajú údaje o hybnosti obyvateľstva podľa účelov ciest a použitých dopravných prostriedkov na prepravu, v závislosti od jednotlivých skupín obyvateľstva. Na základe týchto údajov sa totiž určujú potrebné modelové parametre. Problémy sú ale aj so získavaním štrukturálnych veličín pre jednotlivé časti riešeného územia (okrsky), ktoré sú relevantné pre jednotlivé aktivity ľudskej činnosti.

Požiadavka odborných kruhov, aby sa tejto problematike venovala zvýšená pozornosť a aby sa aj u nás zavádzali moderné metódy modelovania prepravného a dopravného procesu aj v regiónoch, našla odozvu na MŠ SR schválením výskumného projektu C519/2. Jednou z hlavných úloh tohto projektu bolo „Modelovanie dopravného procesu v území“. Navrhnutá metodológia modelovania mala byť preverená a odskúšaná na konkrétnom riešení Žilinského kraja.

Využívanie modelovania prepravného a dopravného procesu vo väčších územných celkoch je veľmi aktuálne aj z dôvodu dostavby cestnej a diaľničnej siete u nás, čo by umožnilo dôkladné porovnanie a zhodnotenie do úvahy prichádzajúcich variantov riešenia, vrátane návrhu umiestnenia diaľničných križovatiek a ich vhodného tvaru. Takéto spracovanie tohto problému by zároveň ukončilo časté pochybnosti o tom, či bol vybraný najvhodnejší variant riešenia. Obdobne by modelovanie prispelo aj k optimálnemu a ekonomicky výhodnejšiemu riešeniu regionálnej hromadnej dopravy, kde si často konkurujú železničná a autobusová doprava. Navyše niektoré modely umožňujú aj koordináciu cestovných poriadkov, čo by pre cestujúcu verejnosť bolo veľmi vítaným výsledkom.

Modelovanie prepravného a dopravného procesu vo veľkom územnom celku (región, okres, kraj) sa vykonáva v zásade tými istými metódami ako v mestách. Na druhej strane sú tu určité odlišnosti, ktoré treba v celom postupe zohľadniť. Predovšetkým je to rozsah modelovaného územia a teda aj rozsah požiadaviek na vstupné údaje o rozložení aktivít v území a o dopravných sieťach. Ďalej sú to špecifické charakteristiky chovania sa obyvateľstva v mestách a na vidieku, resp. v rôznych častiach územia. Existujú oblasti s prevládajúcou funkciou priemyselnou, poľnohospodár-

connection of basic functions in an area through the necessary transfer of people and freight. The transport specificity is in its various system possibilities when meeting these demands in the given area, and in the dynamics of the transport process.

The transport engineering as a major subject has been taught at our universities since the early 1960s, and transport situations of bigger cities were solved using at that time the latest methods and procedures. However, recently a reverse tendency is noticeable, that is solving the transport problems using simple methods without a thorough analysis of problems and an objective consideration of possible solutions.

Modern transport engineering methods require high quality hardware and software and more detailed input data, especially on the population behavior in the transport process. The introduction of these methods in Slovakia fails because of the lack of the necessary data about the transport process, as it is difficult and costly to obtain them. There are transport sociological surveys in the households of the area. They would bring the information on the dynamics of the population according to the journey purposes and used means of transport in dependence on different groups of population, because the necessary modeling parameters are set according to these data. However, there are also problems with achieving structural parameters for different zones of the area, which are relevant for various human activities.

The requirements of experts to pay more attention to this problem and to introduce modern methods of transportation and transport modeling in Slovakia were accepted at the Ministry of Education, and the research project C519/2 was approved. One of the main tasks of this project was “Modelling the transport process in an area”. The proposed methodology of modeling was to be checked and tested in the region of Žilina, solving its transport situation.

Using the modeling of transportation and transport processes in major territory units in Slovakia is a current issue because of completing the road and motorway networks. It would allow a thorough comparison and consideration of the best proposals, including the proposal of the motorway crossroads placements and their suitable shapes. At the same time, such a solution would end the frequent doubts whether the most suitable variant was chosen. The modeling would also help the optimal and more economical solution of the regional public transport problem where rail and bus transports often compete. In addition, the model can coordinate timetables, which would be appreciated by the general public.

The modeling of transportation and transport processes in a major territory unit (district, region) uses the same methods as in towns. On the other hand there are some differences, which must be considered. First of all there are the size of the modeled area and the volume of requirements for the input data about the activities distribution in the area and about the transport networks. Next there are specific characters of behavior of people living in towns and in the country, or in different parts of the area. There are regions where industry, agriculture or recreational func-

skou, rekreačnou a podobne, ktoré majú rozdielne sociálne a ekonomické podmienky.

Systémová analýza miest ukázala, že dopravu je potrebné chápať ako funkciu rozloženia aktivít v území, teda plánovanie dopravy musí začínať urbanistickým plánovaním. Tento vzťah však v žiadnom prípade nie je možné chápať ako podriadený, práve naopak, ide o to, aby objem dopravy, vyvolanej územným riešením a jeho rozloženie do siete, boli jedným z hlavných kritérií kvality urbanistického riešenia. Doprava v organizme mesta vystupuje ako miera interakcie medzi časťami územia a ich funkčnými zložkami. Zabezpečuje teda funkčné previazanie týchto zložiek do jednotného systému. Hľadisko minimalizácie potrebnej dopravy sa stáva jedným z kritérií optimalizácie urbanistického riešenia.

Doprava, či už osobná alebo nákladná, je v súčasnosti charakterizovaná existenciou niekoľkých vzájomne spolupracujúcich a dopĺňajúcich sa dopravných subsystémov.

Základným cieľom dopravného plánovania je zabezpečenie integrity medzi rozvojom jednotlivých aktivít a rozvojom dopravy, ktorá sprostredkuje ich optimálne prepojenie. Na dosiahnutie tohto cieľa je potrebné proces dopravného plánovania rozčleniť do týchto základných fáz:

- *analýza súčasného stavu*, ktorá spočíva najmä vo vykonaní a vyhodnotení potrebných prieskumov a štatistických údajov na objasnenie prepravných procesov a dopravných vzťahov v území, pričom rozsah a metódy prieskumov musia vychádzať z požiadaviek pre potreby riešenia. Na súčasnom stave sa testujú modely a jeho parametre;
- *prognóza výhľadových prepravných nárokov*, v ktorej sa na základe empiricky zistených zákonitostí z analýzy dáva pravdepodobnostná výpoveď o budúcich požiadavkách na prepravu v území, za podmienok splnenia predvídaných časových a priestorových zmien v štruktúre osídlenia a funkčného využitia plôch, prípadne v dopravnej infraštruktúre. Pri návrhu okamžitých alebo krátkodobých opatrení táto fáza, samozrejme, odpadá;
- *návrh riešenia*, v ktorom sa preukazuje zabezpečenie všetkých budúcich prepravných požiadaviek, očakávaných v návrhovom období, pre všetky dopravné systémy v riešenom území v potrebnom rozsahu ich dopravných trás, dopravných prostriedkov a dopravných zariadení, pri minimalizácii vplyvov tohto procesu na ekológiu krajiny a životné prostredie v sídlach.

Metódy dopravnej prognózy nachádzajú v súčasnosti uplatnenie aj v komplexnom modelovaní dopravného procesu. Krajiny s vysokým stupňom automobilizácie postupne zavádzajú na svojom území systém trvalého monitorovania dopravnej situácie, ako aj trvalého modelovania celého dopravného procesu, pričom konštatujú, že práve zanedbaním trvalého sledovania vývoja a okamžitým reagovaním naň premárnili možnosť ovplyvnenia deľby prepravnej práce i včasných a vhodných riešení mnohých dopravných problémov. Komplexné modely objasňujú dôsledky rôznych opatrení a návrhov v doprave, pričom sa používajú na:

- reprodukovanie a pochopenie dopravného procesu,
- predpovedanie zmien pre budúce situácie (dopravné prognózy),

tion prevail, and they have different social and economic conditions.

The system analysis revealed that the transport must be seen as a function of the activities distribution in an area, which means that the urban planning must precede the transport planning. This relation, however, is not a subordinate one at all. On the contrary, the transport volume caused by urban planning and its distribution in the network should be one of the main criteria of the urban planning quality. The transport in a town's organism functions as a scale of the interaction between the parts of the area and their functional constituents. It provides the functional interconnection of these constituents into a single system. The question of minimalizing the necessary transport is becoming one of the criteria for optimizing the urban planning.

Nowadays the transport, whether it is passenger or freight, is characterized with the existence of several cooperating and complementing transport subsystems.

The basic aim of the transport planning is to provide the integrity between the development of different activities and the development of transport, which mediates their optimal interconnection. To achieve this aim it is necessary to divide the transport planning process into the following basic phases:

- *The analysis of the current state*, which means carrying out and evaluating the necessary surveys and statistic data for clarifying the transportation processes and transport relations in an area, while the scale and the methods of the surveys must be based on the requirements of the solution needs. The models and parameters are tested on the current state.
- *The prognosis of the prospective transportation demands*, based on the rules empirically ascertained from the analysis, it gives a probabilistic statement of the future requirements of the transportation in an area under the conditions of the fulfillment of foreseen time and space changes in the settlement structure, and functional usage of the surfaces, or in the transport infrastructure. When suggesting immediate or short-term solutions this phase falls out.
- *The solution proposal*, which projects securing all future transport requirements expected in the proposal period for all transport systems in the solved area in the needed scale of their transport routes, means and equipment while minimalizing the influences of this process on the ecology of the region and on the environment in urban areas.

The methods of transport prognosis are now also applied in the complex modeling of the transport process. Countries with a high level of automobilisation are gradually introducing the system of permanent monitoring of the transport situation, and of the permanent modeling of the whole transport process. They admit that neglecting the permanent monitoring of the development and the immediate reaction to it, they dissipated the possibility to influence the division of the transportation labor and the timely and suitable solutions of many transport problems. Complex models clarify the consequences of various measures and proposals in the transport. They are used to:

- reproduce and understand the transport process

- predpovedanie zmien v dopravnom procese pri systémových zmenách v existujúcej dopravnej sústave,
- scenáre možného rozvoja, spracované z rôznych pohľadov,
- vyhodnotenie navrhnutých variantov dopravného riešenia.

Modely prepravného a dopravného procesu slúžia ako zjednodušené zobrazenie celého jeho priebehu, pričom s ohľadom na ciele pre ktoré slúžia musia byť úplné, pri dostatočnej (vhodnej) územnej a časovej diferenciacii. Celý proces modelovania pozostáva z týchto štyroch krokov:

- výpočet objemov požiadaviek na premiestnenie,
- výpočet smerovania prepravných prúdov,
- stanovenie del'by prepravnej práce na jednotlivé disponibilné dopravné systémy,
- zaťažovanie sietí dopravných systémov (voľba trasy).

Týmito modelovými (plánovacími) krokmi možno komplexne popísať časopriestorový prepravný a dopravný proces. Prvé tri kroky modelujú požiadavky na premiestňovanie (dopyt), štvrtý krok modeluje ponuku dopravných systémov. Tieto čiastkové modely môžu slúžiť aj na objasnenie izolovaných otázok, napr. zaťažovanie sietí pri zmenách v ich infraštruktúre, určenie odporových závislostí, možných zmien v del'be prepravnej práce a podobne. Dopravný model sa teda skladá z rôznych čiastkových modelov. Pre celkový model platia dve podmienky:

- stavba modelu musí byť realizovateľná v postupných, vzájomne prepojených krokoch,
- celkový model, pozostávajúci z čiastkových modelov, musí byť bezrozporový.

V ostatných dvoch desaťročiach sa začali formulovať nové dopravno-plánovacie modely na princípe členenia obyvateľstva do skupín s rovnakým správaním v dopravnom procese. Hovorí sa im dezagregované alebo individuálne, ale aj správaním sa orientované modely. Postupom času sa značne zdokonalili a obstáli pri rôznom použití. Sú náročné na výpočtovú techniku, ale predovšetkým na detailné podklady, pričom mnohé z nich sú zistiteľné len prieskumom priamo v domácnostiach. Využívajú predovšetkým teóriu pravdepodobnosti.

Treba zdôrazniť, že novšie dezagregované i staršie agregované modely sa líšia v postupoch len v časti výpočtu (modelovania) požiadaviek na premiestňovanie a sú prakticky totožné v modelovaní ponuky dopravných systémov (výpočty zaťažovania dopravných sietí).

Základným princípom týchto modelov je členenie obyvateľstva do homogénnych skupín s rovnakým správaním v dopravnom procese, pričom v súčasnosti sa najčastejšie používa členenie na:

- ekonomicky aktívne obyvateľstvo s disponibilným osobným automobilom (EsA),
- ekonomicky aktívne obyvateľstvo bez osobného automobilu (EnA),
- ekonomicky neaktívne obyvateľstvo s disponibilným osobným automobilom (NesA),
- ekonomicky neaktívne obyvateľstvo bez osobného automobilu (NenA),

- predict changes for future situations (transport prognosis)
- predict changes in the transport process with the system changes in the existing transport system
- process scenarios of possible development from different stand-points
- evaluate proposed variants of the transport solutions

The models of transportation and transport processes serve as a simplified display of its whole course. With respect to the aims they serve, they have to be complete, with appropriate space and time differentiation. The whole modeling process consists of four steps:

- the calculation of transfer requirements volume
- the calculation of transfer flows direction
- setting the division of the transportation labor in individual disposable transport systems
- loading the transport systems networks (route selection)

These modeling (planning) steps can give a complex description of the space-time transportation and transport process. The first three steps model the requirements of transfer (demand), the fourth step models the supply of transport systems. These partial models can help to clarify isolated problems, e.g. loading networks in the changes of their infrastructure, specifying impedance dependencies and possible changes in the division of the transportation labor, etc. The transport model consists of individual partial models. There are two conditions for the general model:

- the model construction must be implement able in successive interconnected steps
- the general model consisting of partial models must be without contradictions

In the last two decades new transport planning models based on the principle of dividing the population into groups depending on their behavior in the transport process, began to develop. They are called non-aggregative, or individual, or behavior oriented models. They gradually improved and proved reliable in various applications. They demand high quality hardware and detailed input data. But those are ascertainable only through a survey in households. They mainly use the theory of probability.

It should be emphasized that the newer non-aggregative and the older aggregative models differ in their procedures only partially, namely in their calculations (modelings) of requirements of transfer, and they are nearly identical in their modelings of transport systems supply (calculations of transport networks loading).

The basic principle of these models is to divide the population into the homogenate groups depending on their behavior in the transport process. At present the most frequently used division is into:

- economically active population with a disposable car (EwC)
- economically active population without a disposable car (Ew/oC)
- economically non-active population with a disposable car (NesA)
- economically non-active population without a disposable car (NenA)
- basic school pupils (P)

- žiaci základných škôl (Ž),
- žiaci stredných a odborných škôl (ŠS),
- študenti vysokých škôl (VŠ), (prípadne v členení s/bez disponibilného osobného auta),
- deti do šesť rokov (D),

nakoľko sa ukázalo, že medzi hybnosťami v priebehu dňa, ale aj vykonanými aktivitami týchto skupín, sú zásadné rozdiely. Samozrejme, toto členenie môže byť ešte zjemnené podľa druhu ekonomickej aktivity, ale aj v detailnejšom členení v oblasti vzdelávania.

Ďalším princípom týchto modelov je predpoklad, že aktivity mimo vlastného bydliska sú príčinou mobility (hybnosti). Aktivity sú dané vlastne cieľovým účelom každej cesty. Cieľové účely ciest možno opäť členíť rôzne, vždy v závislosti od relevantnej štruktúrálnej veličiny. Pre jednotlivé skupiny obyvateľstva sa popisuje poradie typických aktivít jednej osoby v priebehu dňa, čím vznikajú základné reťazce aktivít. Reťazec aktivít implikuje premiestnenie. Tak napríklad reťazec bydlisko – práca – nákup – bydlisko (D-P-S-D) predstavuje vykonanie troch ciest v poradí bydlisko – pracovisko (D-P), ďalej pracovisko – nákup (služby) (P-S) a konečne nákup – bydlisko (S-D).

Treba ale konštatovať, že dezagregované modely pre výpočet požiadaviek na dopravu neboli zatiaľ u nás použité. Príčinou je práve požiadavka na vstupné údaje, ktoré nie sú k dispozícii. Hoci z dopravno-sociologických prieskumov u nás vykonaných by bolo možné určiť aj reťazce ciest a ich podiel u základných skupín obyvateľstva, takéto vyhodnotenie prieskumu sa nevykonalo ani v jednom meste.

Aj agregované postupy postupne prevzali členenie obyvateľstva do skupín, ako aj členenie ciest podľa účelu. Žiadny zo základných štyroch krokov agregovaného postupu nemožno aplikovať štandardným jednotným modelovým komponentom. Pre každý krok existuje dnes množstvo metód a výpočtových programov, líšiacich sa rozsahom nutných vstupných podkladov. Ale existuje aj veľa reálnych výskumných výsledkov a praktických skúseností.

Obdobne komplikované sú aj početné algoritmy na výpočet vplyvov jednotlivých plánovacích variantov. V súčasnej dopravno-plánovacej praxi zaberá analýza vplyvov a ich vzájomné hodnotenie v jednotlivých variantoch riešenia už významné miesto.

Záverom k problematike modelovania a prognózovania treba konštatovať, že komplexný priebeh plánovacieho procesu riešenia dopravy pre určité územie nie je jednoduchý. Pôvodný jednoduchý lineárny priebeh pomocou štyroch krokov modelovania dopravného procesu (agregovaný alebo dezagregovaný) sa v praxi vyvinul na zložitý rozvetvený iteratívny proces postupného spresnenia použitých parametrov spätnými väzbami na predošlé kroky. Tento iteratívny postup je nutný, pretože treba preskúmať a porovnať rozmanité vplyvy každého plánovacieho variantu s požadovanými cieľmi, pričom z tohto porovnania môže vziť požiadavka na ďalšie variantné riešenia.

- secondary and vocational schools students (SS)
- university students (possibly divided into groups with/without a car) (US)
- children under six (Ch)

It was revealed that these particular groups differ fundamentally in their dynamics during the day and in the performed activities. Naturally, this division can be more detailed according to the type of economic activities and in the sphere of education.

Another principle of these models is the assumption that the activities away from one's residence are the cause of mobility (dynamics). The activities are the final aim of every trip. The final aims of trips can be divided in many ways, always according to the relevant structural parameter. For each group of the inhabitants there is a description of successive typical activities of one person during a day, which creates the basic activities strings. A string of activities implies the transfer. Take the string residence-work-shopping-residence (R-W-S-R). It represents the performance of three trips in this order: residence-work (R-W), work-shopping (service) (W-S), and shopping-residence (S-R).

However, it must be said that non-aggregative models for the calculation of transport requirements have not been used in Slovakia, yet. The reason is the requirement of the input data, which are not available. Although the trip strings and their portion in the basic population groups could be defined from the transport sociological surveys which have been carried out, such a survey has not been evaluated in any town in this country.

The aggregative methods adopted the division of the population into groups and the division of roads according to the scope as well. None of the four basic steps of the aggregative method can be applied with a standard uniform model component. For every step there is a number of methods and computing programs, which differ from each other in the volume of the necessary input data. But there are also many real research results and practical experience.

Numerous algorithms for the calculations of the influences of individual planning variants are complicated, too. In the present transport-planning practice, the analysis of influences and their mutual evaluation in the individual solution variants is of a great importance.

To conclude the modeling and prognosis problems it should be said that the complex procedure of the planning process of the transport solution for an area is not simple. The original simple linear procedure with four steps of the transport process modeling (aggregative or non-aggregative) developed into a complex extended iterative process of a gradual specification of used parameters through the feedback to the previous steps. This iterative procedure is necessary because various influences of every planning variant must be examined and compared with the required aims. From this comparison a requirement of a new variant solution can issue.

## 2. Vstupy a podklady pre modelovanie

Modelovanie prepravného a dopravného procesu v určitom území je v súčasnom období z hľadiska metodológie na vysokej úrovni. Metodológia je dostatočne flexibilná a umožňuje použitie jednoduchších metód modelovania pre dlhodobé prognózy a možné scenáre budúceho rozvoja, ale aj veľmi detailné metódy, ktoré simulujú skutočný proces v riešenom území. Tieto modely sa okrem prognóz používajú aj na riešenie súčasných dopravných problémov, prípadne je možné ich ešte ďalej prehliť na časť riešeného územia, prípadne na špecifiká riešenej čiastkovej problematiky.

Zo samotnej prezentácie metodológie je zjavné, že každá metóda vyžaduje určité vstupy, čím detailnejšie je modelovanie, tým rozsiahlejšie sú aj požiadavky na vstupné údaje.

Požiadavky na premiestňovanie (dopyt po preprave) v území sú závislé jednoznačne od lokalizácie atraktivít v tomto území. Požiadavky na prepravu za určité časové obdobie (deň, špičkové obdobie), vyjadrené v matici prepravných vzťahov (zdroj - cieľ) sú teda závislé premenné veličiny, odvodené od počtu aktivít, ktoré vykonávajú obyvatelia za príslušné časové obdobie, ako aj od územného rozloženia jednotlivých atraktivít. To znamená, že ako vstupy pre výpočet prepravných vzťahov slúžia rozdelenie územia na dopravné okrsky (zóny), údaje o priemernej hybnosti obyvateľstva za sledované časové obdobie, ako aj údaje o atraktivitách v jednotlivých dopravných okrskoch.

Možno konštatovať, že všetky metódy vyžadujú uvedené vstupné údaje. Jediným rozdielom prezentovaných metód je, samozrejme, detailnosť týchto vstupov, prípadne ich špecifickosť pre danú metódu.

Členenie riešeného územia do dopravných okrskov je základom pre modelovanie prepravného a dopravného procesu. Dopravný okrsk je presne ohraničené územie, vytvorené na základe územno-správnych, urbanistických, hospodárskych, dopravných, plánovacích, prípadne iných hľadísk, s definovateľným ťažiskom, do ktorého sa fiktívne agregujú všetky zdroje a ciele ciest, začínajúcich, resp. končiacich na jeho území. Dopravné okrsky musia zahŕňať celé riešené územie. Každý dopravný okrsk, resp. jeho ťažisko je očíslovaný prirodzenými číslami od 1 až po  $n$ . Počet a ohraničenie dopravných okrskov sa stanovuje predovšetkým podľa:

- požadovanej jemnosti a presnosti popisu prepravného procesu, v závislosti od cieľov riešenej úlohy,
- veľkosti riešeného územia,
- urbanistickej štruktúry riešeného územia,
- štruktúry dopravných sietí v území,
- možnosti získania potrebných demografických a iných údajov o aktivitách pre jednotlivé dopravné okrsky,
- limitov použitých softvérov a hardvérov, ktoré sú pre spracovanie k dispozícii, ale aj termínových, príp. kapacitných limitov spracovateľov.

Pri stanovovaní hraníc dopravných okrskov pre sídelné útvary sa využívajú predovšetkým prirodzené i technické predely v riešenom území, ako sú vodné toky, železničné trate, cestné komuni-

## 2. The Inputs and Data for the Modeling.

At present the transportation and transport process modeling in a certain area is on a high level from the point of view of methodology. The methodology is flexible enough and it allows using simpler modeling methods for long-term prognoses and possible scenarios of the future development, and also very detailed methods, which stimulate the real process in the solved area. Apart from prognoses, these models are used to solve current transport problems. They can also be more detailed for a part of the solved area, or for the specialties of the solved partial problem.

It is obvious from the presentation of the methodology that every method requires certain inputs, and the more detailed the modeling, the more extensive the data requirements.

The transfer requirements (transportation demand) in an area depend on the interactivities localization in this area. The transportation requirements in a particular time unit (day, rush hour) which are expressed in a matrix of transportation relations (origin-destination), are dependent variables which are derived from the number of activities performed by the inhabitants in a period of time, and from the layout of individual interactivities. It means that the division of the territory into transport zones, the data about the average dynamics of the population in a monitored period, and the data about interactivities in individual transport zones, serve as the inputs for the calculation of transportation relations.

It can be said that all methods require the mentioned input data. The only difference of the presented methods is obviously the degree of details of these inputs, or their specificness for the given method.

The division of the solved territory into transport zones is the base of the transportation and transport process modeling. A transport zone is a precisely delimited territory, which is created on the basis of territorial administration, urban, economic, transport, planning, or other sides, with a definable center which fictitiously aggregates all origins and destinations of the trips which begin or end on its territory. The transport zones must comprise the whole solved territory. Every transport zone, or its center, is numbered with a positive integer from 1 to  $n$ . The number and the delimitations of transport zones are determined according to:

- the required precision and accuracy of the transportation process delineation, depending on the aims of the solved problem
- the size of the solved territory
- the urban structure of the solved territory
- the structure of transport networks in the territory
- possibilities of gaining the necessary demographic and other data about the activities in individual transport zones
- the limits of the hardware and software which are available for the processing, and also the term and capacity limits of compilers

To determine boundaries of transport zones of settlement formations, natural and technical divides, like rivers, railway lines, roads of higher category, terrain divides, etc. are used first of all.

kácie vyšších kategórií, terénne predely a pod. Vhodné je vychádzať zo sčítacích urbanistických obvodov, stanovených pre pravidelné sčítanie ľudu, s prípadným ich zlučováním do väčších celkov, nakoľko pre toto členenie sú k dispozícii potrebné štatistické údaje. Vhodná je aj homogenizácia dopravných okrskov podľa funkcie územia, pričom sa odporúča jemnejšie členenie územia v intenzívne zastavaných častiach. Odporúča sa, aby v mestách boli dopravné okrsky tvorené do veľkosti cca 5000 obyvateľov alebo iných štruktúrálnych veličín, čo zabezpečuje dostatočnú presnosť modelovania.

Pokiaľ je riešeným územím okres, je vhodné prideliť každému sídelnému útvaru samostatný dopravný okrsek, pričom jeho hranice tvoria katastrálne hranice a ťažisko okrsku je v ťažisku sídelného útvaru. Okresné mesto je vhodné v tomto prípade členiť na niekoľko okrskov podľa prevládajúcich funkcií, prípadne ako samostatné okrsky vyčleniť k mestu pridružené sídelné útvary.

Aj územie kraja alebo regiónu by bolo vhodné takto členiť, ale súčasne kraje majú 300 až 500 sídelných útvarov a modelovanie prepravného procesu v takomto rozsahu dopravných okrskov by bolo veľmi práčne a náročné na výpočtovú techniku. Ako vhodnejšie sa javí zlučovanie menších susedných sídelných útvarov do jedného dopravného okrsku. Podmienkou ale je, aby tieto sídelné útvary boli dopravne obsluhované podľa možnosti tými istými dopravnými trasami, čo vyhovuje hlavne v bočných údoliach, kde je dopravná obsluha zabezpečovaná jedinou cestou a obyčajne aj jedinou linkou SAD. Určitým problémom je v takomto prípade určenie ťažiska okrsku.

V prípade modelovania celého územia Slovenskej republiky by bolo najvhodnejšie členenie územia na okresy, pričom jeden dopravný okrsek by tvorilo vždy územie okresného mesta, zvyšok okrsku by tvoril jeden alebo dva okrsky.

Pre navrhované členenie územia sa následne musia zhromaždiť potrebné údaje o štruktúrálnej veličinách (atraktivitách), ako aj základné charakteristiky prepravného procesu. Pokiaľ je súčasťou prác aj prognóza, musia byť k dispozícii aj údaje o ŠV pre návrhové obdobia prognózy.

Moderné metódy modelovania prepravných požiadaviek vyžadujú detailné členenie štruktúrálnej veličiny v území, aby vystihovali všetky možné aktivity. Pritom niektoré skupiny obyvateľstva vykonávajú aktivity, ktoré iné skupiny nevykonávajú, napríklad do práce chodí len skupina ekonomicky aktívnych, do školy len skupina žiakov a študentov. Naproti tomu niektoré aktivity vykonávajú všetky skupiny obyvateľstva.

V súčasnosti sa pri modelovaní prepravných vzťahov bežne člení obyvateľstvo (minimálne) do týchto základných skupín:

- ekonomicky aktívne obyvateľstvo,
- žiaci základných škôl,
- študenti stredných a vysokých škôl,
- ekonomicky pasívne obyvateľstvo (dôchodcovia, ženy v domácnosti, nezamestnaní, telesne a mentálne postihnutí),
- deti predškolského veku,
- celkový počet obyvateľov (ako súčet všetkých skupín).

It is advisable to follow the census urban zones, appointed for regular censuses, or their incorporation into bigger units, as there are necessary statistic data for this division. It is also suitable to homogenize transport zones according to the territory function, and overbuilt areas should be divided precisely. In towns it is advisable to create transport zones up to 5000 inhabitants or other structural parameters, which secures a sufficient precision of the modeling.

If the solved area is a district, it is suitable to allocate a separate transport zone to each settlement formation. Its boundaries would agree with the cadastral boundaries and the zone center would be in the center of the settlement formation. In this case it is advisable to divide the district capital into several zones according to their prevailing functions, or to create separate zones of the settlement formations associated to the town.

It would be suitable to use this kind of division for a region territory, too, but the present regions have 300 – 500 settlement formations and modeling the transportation in such a number of transport zones would be too difficult and would make great demands on hardware and software. A better option seems to consolidate smaller neighboring settlement formations into one transport zone. But there is a condition to service these settlement formations on the same transport routes, which is very suitable in the side valleys where the transport service is provided on the single road and usually by a single bus line. In this case, however, to determine the zone center can be a problem.

If the whole Slovak Republic was modeled it would be the most appropriate to divide its territory into districts, while one transport zone would agree with the territory of the district capital. The rest of the district would form one or two zones.

Consequently, the necessary data about structural parameters (interactivities), and basic characteristics of the transportation process must be gathered for the proposed territory division. If a prognosis is a part of the works, the data about SV for the prognosis proposal periods must be available.

Modern methods of transportation requirements modeling require a detailed division of structural parameters in the territory, so that they cover all possible activities. Some population groups perform the activities, which other groups do not, e.g. only the group of economically active people goes to work, and only the group of pupils and students go to school. On the other hand some activities are performed by all groups of the population.

At present the common division of the population for the modeling of the transportation relations is into these basic groups:

- economically active population
- basic school pupils
- secondary school and university students
- economically passive population (pensioners, housewives, unemployed, physically or mentally disabled)
- pre-school children
- the total number of the inhabitants (as a sum of all groups)

Navyše medzi rozhodujúce štruktúralne veličiny vyjadrujúce ďalšie aktivity patria:

- pracovné príležitosti celkom,
- pracovné príležitosti v terciárnom sektore,
- žiacke miesta v základných školách,
- študentské miesta v stredných a vysokých školách.

Známe sú z literatúry aj detailnejšie členenia skupín navyše podľa disponibility osobného auta, ale aj detailnejšie členenie žiakov na 1. a 2. stupeň, alebo študentov na stredné, vysoké a učilištia. Obdobne je možné použiť aj ďalšie kapacitné parametre, hlavne pre cesty za kultúrou, športom a rekreáciou.

Záverom možno konštatovať, že modelovanie prepravného procesu si vyžaduje bezpodmienečne (minimálne) znalosť počtu obyvateľov a počtu pracovných príležitostí pre každý dopravný okrsok riešeného územia. Bez týchto údajov nie je možné prepravný proces modelovať, ani ho analyzovať v súčasnom stave a, samozrejme, ani prognózovať.

### 3. Modelovanie Žilinského kraja

Pri riešení výskumnej úlohy a jej aplikácii na konkrétnom príklade Žilinského kraja sa potvrdilo, že výber metód a celkového postupu modelovania prepravného a dopravného procesu je podmienený dostupnosťou relevantných vstupných údajov. Ide o detailnosť nutných územno-funkčných charakteristík (štruktúrálnych veličín) a prepravných charakteristík (hybnosť, účely ciest, použité dopravné prostriedky, refazce ciest).

Navrhovaný postup modelovania zohľadňuje túto skutočnosť a navrhuje metódy a postupy, pre ktoré je možné získať pomerne hodnoverné hodnoty pre navrhované členenie územia s minimálnymi požiadavkami na finančne náročné prieskumy. Riešené územie Žilinského kraja je členené do 11 okresov. V kraji je 313 sídelných útvarov, v ktorých žilo v roku 1996 celkom 687 771 obyvateľov. Pre vlastné modelovanie bolo územie členené do 139 dopravných okrskov. Riešené územie je prepojené s okolím 23. cestnými trasami a 7. železničnými traťami.

Pre modelovanie prepravného procesu v Žilinskom kraji boli použité obidva základné postupy - agregovaný a dezagregovaný. S modelovaním prepravného procesu pomocou agregovaného postupu sú už praktické skúsenosti z územno-plánovacej alebo dopravno-inžinierskej dokumentácie miest. Pri riešení veľkých územných celkov bol výpočet prepravných vzťahov spracovaný jedine pri VÚC Vysokých Tatier v roku 1984 na základe vykonaného dopravno-sociologického prieskumu (DSP). Dezagregované postupy u nás ešte neboli vôbec použité. Nakoľko sa ich používanie vo vyspelých krajinách rozširuje, bol za tým účelom zakúpený softvérový program VISEM, nakoľko modelovanie prepravného procesu týmto zložitým postupom bez špeciálneho programu nie je prakticky možné. Aby boli k dispozícii potrebné vstupné podklady, boli spracované z výsledkov DSP aj požadované zostavy pre tento postup.

In addition, among the crucial structural parameters expressing other activities there are:

- the opportunities of work in all
- the opportunities of work in the tertiary sector
- pupil places in basic schools
- student places in secondary schools and universities

From literature there are known even more detailed divisions of groups, e.g. according to the disposability of a car, or the division of pupils into the first and the second grades and students into secondary schools, vocational schools and universities. Similarly, it is possible to use other capacity parameters, especially for the culture, sport and recreation trips.

To conclude, it can be said that the transportation process modeling requires at least the knowledge of the population and the number of work opportunities in each transport zone of the solved territory. It is impossible to model the transportation process, to analyze its present state, nor to prognosticate without these data.

### 3. Modeling of the region of Žilina

When working on the research project and its application on the concrete example of the region of Žilina, it was asserted that the choice of methods as well as the overall method of modeling the transport and transportation process depends on the accessibility of the relevant input data. This concerns the detailed character of the necessary functional territory description (structural parameters) and transport description (dynamics, road functions, means of transport used, trip strings).

The proposed method of modeling takes this fact into account and it suggests such methods as to be able to get quite valid parameters for the suggested structuring of the territory while minimum demands are placed on the particularly costly surveys. The region of Žilina subject to research is structured into 11 districts. There were 313 urban points, inhabited by 687.771 people in 1996. For the modeling proper, the territory was divided into 139 transportation zones. The territory subject to research is connected with the surrounding area by 23 road lines and 7 railway lines.

For the modeling of transport in the region of Žilina, two main methods were used - aggregated and disaggregated. The modeling of transport by means of the aggregated method is already backed by previous experience from regional planning and transport engineering documentation of cities. As for the solutions of major territory units, the only calculation of transport relations was made for the VÚC (territory administration region) Vysoké Tatry in 1984 based on the transport sociological survey (TSS). No disaggregated methods have so far been used in our country. Because their use in the developed countries is expanding, the software VISEM was bought for the above purpose, as modeling of transport by means of such a complicated method is rendered practically impossible without a special program. To get the necessary input data, the findings of the TSS were processed into configurations necessary for this method.

Prieskum bol vykonaný v mesiacoch október až december 1998. V priebehu roka 1999 boli dotazníky spracované. Vyhodnotených bolo celkovo 4 182 domácností so 14 492 osobami. Pri vyhodnocovaní ciest sa zistilo, že treba z tohto vyhodnotenia s ohľadom na neúplnosť častí osôb vylúčiť, teda v týchto zostavách sú spracované výsledky 12 520 osôb. Táto vzorka bola nedostatočná na vytvorenie matice prepravných vzťahov, ale dostatočná na určenie priemerných hybností jednotlivých skupín obyvateľstva, ako aj matic ciest podľa zdrojového a cieľového účelu ich ciest a delby prepravnej práce medzi použité druhy dopravy. Výsledky prieskumu boli samostatne spracované pre mestá a pre vidiecke sídla, nakoľko sa ukázali značné rozdiely správania sa skupín obyvateľstva. V nasledujúcej tabuľke sú prezentované základné výsledky prieskumu,

The survey was made in the months between October and December 1998. In the course of 1999 questionnaires were processed. The survey included a total of 4 182 households with 14 492 persons. When roads were assessed, it was found that some of the persons had to be excluded for lack of data, therefore the configurations cover the information obtained from 12 520 persons. This sample wasn't sufficient for creation of the matrix of transport relations, however, it was sufficient for the determination of average dynamics of individual groups of population, as well as matrices of trips according to origin and destination purpose of their trips and the distribution of transport as between the means of transport used. The results of the survey were processed individually for cities and country, because considerable differences

#### Výpočet hybnosti a ciest pre jednotlivé skupiny obyvateľstva a celkom

Sledovaný údaj	Územie	EsA	EnA	NEsA	NEnA	Žiaci	Štud.	Deti	Celkom
<b>PRIESKUM:</b>									
1. Vyhodnocovaných osôb celkom	mestá	1738	1619	232	806	538	1441	310	6684
	vidiek	1316	1424	187	1160	558	823	368	5836
	spolu	3054	3043	419	1966	1096	2264	678	12520
2. Mobilných osôb Celkom	mestá	1621	1475	133	440	502	1149	104	5424
	vidiek	1161	1236	75	428	487	654	91	4132
	spolu	2782	2711	208	868	989	1803	195	9556
3. Necestujúcich osôb Celkom	mestá	117	144	99	366	36	292	206	1260
	vidiek	155	188	112	732	71	169	277	1704
	spolu	272	332	211	1098	107	461	483	2964
4. Zistený počet ciest mobilných osôb	mestá	5125	4278	375	1195	1261	3418	251	15903
	vidiek	3337	3272	204	1041	1118	1767	202	10941
	spolu	8462	7550	579	2236	2379	5185	453	26844
5. Hybnosť mobilných ciest/mob. osobu/deň	mestá	3,162	2,900	2,820	2,716	2,512	2,975	2,413	2,932
	vidiek	2,874	2,647	2,720	2,432	2,296	2,702	2,220	2,648
	spolu	3,042	2,785	2,784	2,576	2,405	2,876	2,323	2,809
6. Priemerná hybnosť príslušnej skupiny ciest/obyv./deň	mestá	2,949	2,642	1,616	1,483	2,344	2,372	0,810	2,379
	vidiek	2,536	2,298	1,091	0,897	2,004	2,147	0,549	1,875
	spolu	2,771	2,481	1,382	1,137	2,171	2,290	0,668	2,144
7. Podiel mobilných osôb skupiny z celku	mestá	29,886	27,194	2,452	8,112	9,255	21,184	1,917	100,00
	vidiek	28,098	29,913	1,815	10,358	11,786	15,828	2,202	100,00
	spolu	29,113	28,370	2,177	9,083	10,350	18,868	2,041	100,00
8. Podiel ciest mobilných osôb skupiny z celku	mestá	32,227	26,901	2,358	7,514	7,929	21,493	1,578	100,00
	vidiek	30,500	29,906	1,865	9,515	10,218	16,150	1,846	100,00
	spolu	31,523	28,125	2,157	8,330	8,862	19,315	1,688	100,00
<b>SKUTOČNOSŤ:</b>									
9. Celkom osôb prísl. skupiny v rieš. území	mestá	47364	83208	13907	100596	46104	28949	36884	357012
	vidiek	38062	74927	13328	104331	40347	25080	32278	328353
	spolu	85426	158135	27235	204927	86451	54029	69162	685365
10. Celkom ciest prísl. Skupiny v rieš. území	mestá	139667	219866	22479	149147	108062	68666	29864	737750
	vidiek	96514	172164	14540	93628	80839	53847	17718	529250
	spolu	236181	392030	37019	242775	188900	122513	47582	1267000

**Mestá:** Bytča, Čadca, Turzovka, Dolný Kubín, Kysucké Nové Mesto, Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok, Martin, Vrútky, Námestovo, Ružomberok, Turčianske Teplice, Tvrdošín, Trstená, Žilina, Rajec

Calculation of dynamics and trips for individual population groups and the total

The data observed	Territory	E+c	E-c	NE+c	NE-c	Pupils	Stud.	Children	Total
<b>SURVEY:</b>									
1. Total of persons evaluated	Cities	1738	1619	232	806	538	1441	310	6684
	Country	1316	1424	187	1160	558	823	368	5836
	Total	3054	3043	419	1966	1096	2264	678	12520
2. Total of mobile persons	Cities	1621	1475	133	440	502	1149	104	5424
	Country	1161	1236	75	428	487	654	91	4132
	Total	2782	2711	208	868	989	1803	195	9556
3. Total of persons not traveling	Cities	117	144	99	366	36	292	206	1260
	Country	155	188	112	732	71	169	277	1704
	Total	272	332	211	1098	107	461	483	2964
4. The number of journeys of mobile persons	Cities	5125	4278	375	1195	1261	3418	251	15903
	Country	3337	3272	204	1041	1118	1767	202	10941
	Total	8462	7550	579	2236	2379	5185	453	26844
5. Dynamics of mobile journeys/mob. person/day	Cities	3,162	2,900	2,820	2,716	2,512	2,975	2,413	2,932
	Country	2,874	2,647	2,720	2,432	2,296	2,702	2,220	2,648
	Total	3,042	2,785	2,784	2,576	2,405	2,876	2,323	2,809
6. Average dynamics of the respective group journeys/population/day	Cities	2,949	2,642	1,616	1,483	2,344	2,372	0,810	2,379
	Country	2,536	2,298	1,091	0,897	2,004	2,147	0,549	1,875
	Total	2,771	2,481	1,382	1,137	2,171	2,290	0,668	2,144
7. Ratio of mobile persons of the group of the total	Cities	29,886	27,194	2,452	8,112	9,255	21,184	1,917	100,00
	Country	28,098	29,913	1,815	10,358	11,786	15,828	2,202	100,00
	Total	29,113	28,370	2,177	9,083	10,350	18,868	2,041	100,00
8. Ratio of journeys of mobile persons of the group of the total	Cities	32,227	26,901	2,358	7,514	7,929	21,493	1,578	100,00
	Country	30,500	29,906	1,865	9,515	10,218	16,150	1,846	100,00
	Total	31,523	28,125	2,157	8,330	8,862	19,315	1,688	100,00
<b>REALITY:</b>									
9. Total of persons of the respective group in the territory	Cities	47364	83208	13907	100596	46104	28949	36884	357012
	Country	38062	74927	13328	104331	40347	25080	32278	328353
	Total	85426	158135	27235	204927	86451	54029	69162	685365
10. Total of journeys of the respective group in the territory	Cities	139667	219866	22479	149147	108062	68666	29864	737750
	Country	96514	172164	14540	93628	80839	53847	17718	529250
	Total	236181	392030	37019	242775	188900	122513	47582	1267000

**Cities:** Bytča, Čadca, Turzovka, Dolný Kubín, Kysucké Nové Mesto, Liptovský Mikuláš, Liptovský Hrádok, Martin, Vrútky, Námestovo, Ružomberok, Turčianske Teplice, Tvrdošín, Trstená, Žilina, Rajec

použitie pri modelovaní prepravného procesu agregovaným postupom.

Zhromaždenie rozhodujúcich štruktúrnych veličín (ŠV), potrebných pre modelovanie prepravného procesu v riešenom území Žilinského kraja nebolo jednoduché. Základom boli štatistické materiály pre jednotlivé okresy „Obce v číslach“. Niektoré potrebné údaje bolo možné priamo prevziať z tejto štatistiky (miesta v školách, celkový počet obyvateľov), niektoré odvodiť z členenia obyvateľstva na predproduktívny, produktívny a postproduktívny vek. Potrebné údaje o pracovných príležitostiach nie sú však štatisticky evidované v požadovanom rozsahu, pričom tieto údaje sú základným a nenahraditeľným vstupom. Spracovateľom nakoniec neostala iná možnosť, len obrátiť sa priamo na obecné zastupiteľstvá, aby poskytli

were found between the behaviors of the population groups. The following figure shows the basic results of the survey used with the modeling of transport via the aggregated method.

It wasn't easy to obtain the decisive structural parameters (SP) necessary for the modeling of transport in the region of Žilina subject to the research project. The basic material was represented by the statistics for individual districts "Districts in Numbers". Some necessary data could be taken directly from this statistics (places in schools, total number of citizens), others could be derived from the structuring of population into pre-productive, productive and post-productive age. However, the necessary data concerning employment opportunities are not statistically recorded in the desired extent, while these data are the basic and indispensable

tieto údaje, pričom sú si vedomí, že tieto sú niekedy skôr odborným odhadom ako presným štatistickým údajom. Z väčších sídiel, kde bola spracovaná územno-plánovacia dokumentácia, boli tieto údaje prevzaté, prípadne upravené na rovnaké časové obdobie. Výsledné hodnoty relevantných štrukturálnych veličín, potrebných na modelovanie prepravného procesu v členení po okresoch sú v nasledujúcom prehľade.

input. In the end, the researchers were left with no other possibility than to address the district authorities directly, and ask them to supply the data, while being aware of the fact that the data are more of an expert estimate than exact statistics. With major territories with available regional planning documentation, the data were taken or modified for the same period of time. Output values of the relevant structural parameters necessary for the modeling of transport structured by districts are shown in the table below.

Č. okr.	Okres	Obyvateľov	Ekonom. aktívne	Neaktívne	Žiaci	Študenti	Deti	Prac. prílež.	Pp III.s.	Žiacke miesta	Štud. miesta
1	Bytča	30198	10419	10659	3779	2317	3024	6370	2482	3755	446
2	Čadca	91891	32625	30480	11957	7262	9566	21563	9636	11964	5553
3	Dolný Kubín	38690	13644	12544	5249	3054	4199	15491	5384	5337	4057
4	Kysucké Nové Mesto	33117	11912	11121	4137	2636	3310	8471	3506	4220	2103
5	Liptovský Mikuláš	74629	26490	27057	8482	5815	6786	26023	14730	8459	6104
6	Martin	97835	35825	33663	11382	7858	9106	37440	17628	11670	7307
7	Námestovo	53147	17996	15100	8830	4155	7065	11071	4674	8374	2885
8	Ružomberok	59558	20895	21280	7094	4614	5675	21285	7836	7078	3893
9	Turčianske Teplice	16905	5823	6583	1792	1273	1434	4078	2211	1713	1239
10	Tvrdošín	33882	12044	10060	5031	2722	4025	10712	3656	4641	2698
11	Žilina	155513	55887	53611	18717	12323	14974	57469	28030	19244	12780
	Kraj celkom	685365	243562	232157	86451	54029	69162	219973	99773	86455	49065
	- z toho mestá	357012	130572	114501	46104	28948	36884	161292	71791	48801	45812
	- z toho vidiecke sídla	328353	112989	117656	40347	25080	32278	58681	27982	37654	3253

Distr. no.	District	Number of citizens	Econom. active	Not active	Pupils	Stud.	Children	Job vacancy	J.V. III.s.	pupil places	Student places
1	Bytča	30198	10419	10659	3779	2317	3024	6370	2482	3755	446
2	Čadca	91891	32625	30480	11957	7262	9566	21563	9636	11964	5553
3	Dolný Kubín	38690	13644	12544	5249	3054	4199	15491	5384	5337	4057
4	Kysucké Nové Mesto	33117	11912	11121	4137	2636	3310	8471	3506	4220	2103
5	Liptovský Mikuláš	74629	26490	27057	8482	5815	6786	26023	14730	8459	6104
6	Martin	97835	35825	33663	11382	7858	9106	37440	17628	11670	7307
7	Námestovo	53147	17996	15100	8830	4155	7065	11071	4674	8374	2885
8	Ružomberok	59558	20895	21280	7094	4614	5675	21285	7836	7078	3893
9	Turčianske Teplice	16905	5823	6583	1792	1273	1434	4078	2211	1713	1239
10	Tvrdošín	33882	12044	10060	5031	2722	4025	10712	3656	4641	2698
11	Žilina	155513	55887	53611	18717	12323	14974	57469	28030	19244	12780
	Region total	685365	243562	232157	86451	54029	69162	219973	99773	86455	49065
	- cities	357012	130572	114501	46104	28948	36884	161292	71791	48801	45812
	- country	328353	112989	117656	40347	25080	32278	58681	27982	37654	3253

Výpočet zdrojových a cieľových objemov v okrskoch sa vykonal metódou špecifických hybností podľa rozhodujúcich štrukturálnych veličín, pre zdroje a ciele ciest podľa účelov pre jednotlivé skupiny obyvateľstva. Výpočet smerovania prepravných prúdov bol vykonaný gravitačnou metódou s využitím odporovej funkcie v tvare  $f(w_{ij}) =$

Pp III.s The calculation of origin and destination volumes in the zones was made by means of the method of specific dynamics according to the decisive structural parameters for the origin and destination of trips according to the purposes for individual groups of population. The calculation of transportation flow ten-

$= L_{ij}^{\beta_{ij}}$ , pričom pre parameter  $\beta_{ij}$  bola odvodená rovnica z prieskumu vykonaného pre VÚC Vysoké Tatry v tvare  $\beta_{ij} = 1,66 + 9,05 / \ln L_{ij}$ .  $L_{ij}$  je vzdialenosť ťažísk okrskov po cestnej sieti udávaná v km. Okrajové podmienky pre matice boli splnené použitím Detroitskej metódy. Pri výpočte delby prepravnej práce sa v prvom kroku oddelili pešie cesty, pričom sa uvažovalo, že tieto sa vykonávajú len v rámci sídelného útvaru v podiele, ktorý zodpovedá veľkosti sídla. Na základe známych stupňov automobilizácie a obsluhy územia hromadnou dopravou, boli následne určené podiely ciest vykonaných ID a HD. Výpočet bol vykonaný pre celodenné vzťahy v smerovo vyrovnaných maticiach a pre ranné trojhodinové špičkové obdobie, ktoré je, samozrejme, smerovo vyrovnané.

Pri modelovaní požiadaviek na premiestňovanie pri dezagregovanom postupe, bolo potrebné z vykonaného DSP vyhodnotiť aj reťazce ciest jednotlivých skupín obyvateľstva, ktorých poznanie je nevyhnutné a je jednou zo základných podmienok možnosti použitia tohto postupu. Spracované sú reťazce ciest všetkých skupín, s uvedením podielu príslušného reťazca pre príslušnú skupinu. Niektoré reťazce sa vyskytujú v rôznych skupinách, samozrejme s iným podielom. Celkovo sa vyskytuje 120 rôznych reťazcov ciest. Nasledujúci prehľad charakterizuje správanie sa jednotlivých skupín obyvateľstva:

dency was made by using the gravitation method using the impedance function  $f(w_{ij}) = L_{ij}^{\beta_{ij}}$ , while for the parameter  $\beta_{ij}$  an equation was derived based on the research carried out for the VÚC Vysoké Tatry in the form of  $\beta_{ij} = 1.66 + 9.05 / \ln L_{ij}$ .  $L_{ij}$  is the distance between zone centres with respect to road lines in km. Other conditions for matrices were fulfilled by using the Detroit method. Upon calculation of the distribution of transportation work, the first phase was to separate the pedestrian trips, while it was held that these were only used within the urban unit in the proportion corresponding to its size. Based on the known degrees of automobilization and public transport operating in the area ratios of trips made by individual and public transport were determined. The calculation was made for full day relations in direction balanced matrices, and for the morning three hour peak periods, obviously not balanced as to direction.

The modeling of the requirements for transportation using the disaggregated method required to evaluate, on the basis of the TSS already done, the trip strings of individual population groups, the knowledge of which is indispensable and it is one of the basic conditions of using this method. Trip strings of all the groups are processed, and the proportion of the respective string with respect to the respective group is stated. Some strings can be found in several groups, obviously with a different proportion. The number of different trip strings totals 120. The following table describes the behaviour of individual population groups:

Skupina obyvateľstva	Priemerný počet ciest na reťazec	Maximálny počet ciest na reťazec	Priemerný počet odchodov z domu	Počet rôznych reťazcov
EsA - ekonomicky aktívne s autom	2,44	8	1,24	61
EnA - ekonomicky aktívne bez auta	2,30	7	1,21	47
NesA - ekonomicky neaktívne s autom	2,18	8	1,28	19
NenA - ekonomicky neaktívne bez auta	2,16	6	1,19	26
Š - študenti	2,16	8	1,33	44
Ž - žiaci	2,05	4	1,18	16
D - deti	2,13	5	1,09	15
Celkom	2,27	8	1,24	120

Population group	Average number of trips per string	Maximum number of trips per string	Average number of home departures	No. of different strings
E+c - economically active with a car	2.44	8	1.24	61
E-c - economically active without a car	2.30	7	1.21	47
NE+c - economically not active with a car	2.18	8	1.28	19
NE-c - economically not active without a car	2.16	6	1.19	26
Stud - students	2.16	8	1.33	44
Pup - pupils	2.05	4	1.18	16
Child - children	2.13	5	1.09	15
Total	2.27	8	1.24	120

Vlastný výpočet prepravných vzťahov sa vykonal programom VISEM. Prvým krokom je výpočet zdrojových objemov ciest v každom okrsku, vypočítaný na základe tam bývajúceho obyvateľstva. Toto je samozrejme členené do skupín, ako v predošlom postupe. Druhým rozhodujúcim vstupom sú reťazce ciest pre jednotlivé skupiny obyvateľstva, ale aj denný priebeh ciest podľa jednotlivých cieľových účelov. Smerovanie ciest program vypočíta z reťazcov ciest tak že postupne určuje ciele jednotlivých ciest reťazca na

The calculation of transport relations itself was made via the program VISEM. The first step is the calculation of origin volumes in each zone, calculated on the basis of the population living there. This population is, of course, separated into groups as we have seen above. The second important input are the trip strings for individual population groups, as well as the day to day course of trips according to individual destination purposes. The direction of trips is calculated by the program in such a way that it continually deter-

základe pravdepodobnosti, vypočítanej z údajov rozhodujúcich ŠV pre daný účel cesty ostatných okrskov a odporovej funkcie. Deľba prepravnej práce sa vypočíta pre každú cestu reťazca na základe disponibility individuálnych dopravných prostriedkov a pravdepodobnosti rozhodnutia jednotlivca pre voľbu použitého dopravného prostriedku (Logit model), pričom v rámci reťazca potom rozoznáva vymeniteľný a nevymeniteľný dopravný prostriedok. Vstupmi pre tento krok sú údaje o atribútoch dopravných prostriedkov a Logit – parametrov pre každú skupinu obyvateľstva. Výsledkom sú taktické matice ciest jednotlivých druhov dopravy v celodenných a špičkových reláciách.

Pri modelovaní dopravného procesu, teda ponuky dopravných systémov, sú rovnaké postupy, či už požiadavky na premiestnenie boli počítané agregovaným alebo dezagregovaným postupom. Modelovanie dopravného procesu v zásade pozostáva z modelovania ponuky dopravných systémov v území a premietnutia požiadaviek na premiestnenie do týchto systémov. V zásade sa modeluje cestná sieť a sieť osobných hromadných dopravy v riešenom území. Sieť hromadných dopravy (železničná, autobusová, prípadne mestská hromadná doprava) sa modeluje spoločne, nakoľko je takto vnímaná cestujúcou verejnosťou ako alternatíva k individuálnej doprave. Pri modelovaní menších území (malé a stredné mestá, menšie okresy) je možné postupovať aj manuálne, pri väčších územiach je potrebné využívať programové vybavenie, nakoľko sa už stráca prehľad a pri určovaní minimálnych trás a rozložení zataženia môže dôjsť k značným omylom. V súčasnosti je najpoužívanejším softvérom pre tento krok program VISUM od firmy PTV Karlsruhe, ktorý bol zakúpený a použitý pre túto výskumnú úlohu. Predmetný softvérový program vyžaduje značné množstvo vstupných údajov, ktoré sú v zásade dostupné, ich spracovanie ale prácne.

Pre modelovanie cestnej siete boli využité podklady Slovenskej správy ciest (pasport siete). Do modelu vstupovali diaľničné úseky a všetky úseky ciest I. a II. triedy, z ciest III. triedy len tie úseky, ktoré zabezpečujú prístup do jednotlivých sídelných útvarov z ciest vyššieho významu, alebo vzájomné prepojenie sídelných útvarov. Koncové úseky ciest III. triedy, ktoré vedú ďalej až po koniec údolia a nie sú už ďalej prepojené na iné sídelné útvary, neboli do modelu zahrnuté. Obdobne je modelovaná aj železničná sieť, pozostávajúca z uzlov (stanice) a úsekov, ako aj úseky cestnej siete, pomocou ktorých sú samostatné železničné uzly (stanice) pripojené na modelovanú cestnú sieť pre zaťažovanie individuálnou dopravou. Autobusová osobná hromadná doprava je prevádzkovaná po cestnej sieti a teda je už zahrnutá (úsekmi a uzlami) do modelu.

Do programu sa zadávajú povinné a nepovinné atribúty. Bez povinných atribútov nie je možné zostaviť konzistentný model, naproti tomu nepovinné dokáže program nahradiť štandardnými parametrami pri stavbe modelu siete. Pre uzly sú povinné atribúty: číslo uzla a jeho X- a Y-koordináty. Nepovinné sú kód, názov a typ uzla, ako aj údaj o tom, či je uzol zároveň zastávkou HD. Pre úseky sú povinné: číslo uzla začiatku a konca úseku, typ úseku, od ktorého sa odvíja zoznam prípustných dopravných systémov, ďalej pre ID kapacita, maximálna prípustná rýchlosť, najvyššia rýchlosť a stupeň dôležitosti úseku, pre HD štandardná rýchlosť. Nepo-

mines the destinations of individual trips based on expectation calculated from the statistics data for the given purpose of the trip in other zones and the impedance function. The distribution of transportation work is calculated for every trip of the string based on the availability of individual means of transport and the expectation of an individual decision for the choice of the means of transport used (Logit model), while within the string distinction is made as for the changable and unchangable means of transport. This results in trip matrices for individual transport means in full day and peak relations.

Modelling of the transportation process, i.e. the offer of transportation systems, requires the same methods, whether the transportation requirements are calculated via aggregated or disaggregated method. In fact, the modeling of transport consists in the modeling of the offer of transport systems in an area and the reflection of the requirements for transport into these systems. Generally, what is modelled is the road system and the system of public transport in the area subject to research. The system of public transport (railway, bus, or city public transport system) is modelled as a whole, because it is in this way that it is perceived by the public as an alternative to individual transport. The modeling of minor territories (small and mid-size cities, small districts) can also be done manually; the major territories require the use of software, because here transparency is lost, and the determination of minimum trips and distribution of loading can result in major incorrectness. At present, the most widely used software in this phase is the program VISUM of the firm PTV Karlsruhe, which was bought and used for the purposes of the project. The program in question requires a considerable amount of input data that are basically available, their processing, however, is quite demanding.

The modeling of road system makes use of the data supplied by the Slovak Road Administration ("passport" of the system). The model entails all high-ways and I-st and II-nd class roads. The III-rd class roads are only considered to the extent to which they provide access to individual territory units from the roads of higher importance, or the connection between territory units. Final sections of III-rd class roads going farther along the valley up to its end, and are not connected to other territory units were not taken into account in the model. The railway system is modelled likewise, consisting of nodes (stations) and sections, as well as sections of road system by which the nodes (stations) are connected to the modelled road system with respect to loading by individual transport. The public bus system operates on the road system and is therefore already a part of the model (via sections and nodes).

The program can be supplied with obligatory and optional attributes. A consistent model cannot be made without the obligatory attributes, while the optional attributes can be supplied by the program itself in the form of standard parameters for modeling of a system. The obligatory attributes for nodes include: the number of node and its X- and Y-coordinators. The optional attributes include the code, name and type of node, as well as information whether the node is a point of public transport stop as well. As for section, the obligatory attributes include: number of node at the beginning and end of section, type of section which is the basis of

vinné sú: číslo úseku a dĺžka úseku. Pre okrsky je povinným atribútom len číslo okrsku, nepovinné sú názov a typ okrsku, ako aj X- a Y- koordináty. Povinné atribúty na pripojenia okrskov na sieť sú číslo okrsku, ktorý sa pripája na sieť a číslo uzlu cez ktorý sa vykonáva pripojenie. Nepovinné sú typ pripojenia, smer pripojenia, dĺžka a čas na pripojenie, podiel z objemu ciest, ktorý sa realizuje cez tento pripojný bod, ako aj druhy dopravy, ktoré sa realizujú z tohto uzla.

Celkove je v modelovanej sieti Žilinského kraja 548 uzlov. Cestná sieť má 598 úsekov. Všetky úseky sú obojsmerné. Modelovaná železničná sieť pozostáva z 90 úsekov, ktoré sú taktiež obojsmerné. Navyše sú ešte modelované cestné úseky, pomocou ktorých je prepojená železničná doprava so základnou modelovanou cestnou sieťou. Týchto úsekov je celkom 16, pričom sú taktiež obojsmerné. Nakoniec sú dôležité pripojenia ťažísk okrskov na cestnú sieť. Pre každý okrsk sú zadané čísla pripojných bodov (uzlov), ktorých je minimálne jeden, maximálne päť a súčasne sú v tabuľke uvedené percentuálne podiely z objemu zdrojovej a cieľovej prepravy okrsku.

Takto do modelu zadaná dopravná sieť s pripojnými bodmi ťažísk jednotlivých dopravných okrskov, v ktorých sa predpokladá vznik a zánik prepravných nárokov, bola základom pre zaťažovanie dopravnej siete. Prepravné vzťahy riešeného územia sú vyjadrené vo výsledných maticiach prepravných vzťahov ( $139 \times 139$  okrskov). Dopravné systémy, predovšetkým cestnú dopravu zaťažuje podstatne aj doprava, ktorá má zdroje, ciele, prípadne oboje mimo riešeného územia. Ide o vonkajšiu zdrojovú alebo cieľovú dopravu a o tranzitnú dopravu. Nakoľko Slovenská správa ciest vykonala prakticky na celom riešenom území smerový prieskum zápisom EČV, bolo možné tieto výsledky prevziať ako podklad pre zaťažovanie cestnej siete.

Zaťaženie jednotlivých úsekov siete, vypočítané na základe matic prepravných vzťahov, sa musí samozrejme overovať so skutočným zaťažením. Pokiaľ vypočítané zaťaženie nezodpovedá skutočnému, treba sa pomocou spätných väzieb vracieť k predošlým krokom výpočtu prepravných vzťahov a ich korekciami docieľiť zhodu skutočného zaťaženia s výpočtom. Pomocou týchto spätných väzieb sa vlastne kalibrujú použité parametre na súčasnom stave. Vykonané výpočty dokumentujú, že navrhovaná metodika modelovania prepravného a dopravného procesu je správna, overená na modelovaní v Žilinskom kraji.

#### 4. Záver

Úlohou modelovania prepravného a dopravného procesu v rámci výskumnej úlohy bolo poukázať na moderné dopravné inžinierske postupy a metódy, používané v súčasnosti v krajinách s vysokým stupňom automobilizácie pri riešení dopravných problémov v území. Odskúšanie týchto metód na konkrétnom území Žilinského kraja demonštruje možnosti využívania týchto postupov aj u nás. Treba zabezpečiť odborne fundované návrhy, ktorých výsledkom budú kvalitné a ekologicky prijateľné dopravné riešenia, či už v mestách, ale aj vo vyšších správnych celkoch, ktorými

the list of possible transportation systems, in terms of IT it is capacity, maximum speed allowed, maximum speed and degree of section importance, in terms of PT it is standard speed. The optional ones include: number of section and its length. The only obligatory attribute for the connection of zones to the system is the number of the zone connected to the system and the number of the nod by which the connection is made. The optional ones include type of connection, direction of connection, length and time for connection, proportion in trip volume made via the nod, as well as transport means realized by this nod.

The model of the region of Žilina includes the total of 548 nodes. The road system has 598 sections. All the sections are two-way. The modelled railway system includes 90 sections that are also two-way. In addition, the model includes the road sections by which the railway system is connected with the basic road system modelled. The total of such sections is 16, while they are also two-way. In the end, an important role is played by the connection of zone centres to the road system. Each zone entails given numbers of connecting points (nodes) the number of which ranges from one to five, and at the same time the table shows the percentage of the volume of origin and destination transportation in a zone.

In this way, the model was supplied with a transport system with connecting nodes of the centres of individual zones, where origin and termination of transport requirements is expected, and it served as the basis for the loading of transport system. Transport relations of the area subject to research are shown in the output matrices of transport relations ( $139 \times 139$  zones). Transport systems, especially the road transport, however, are loaded to a considerable degree by the transport whose origin, destination or both lie outside the area in question. This concerns external origin or destination transport and transit transport. Because the Slovak Road Administration has carried out an extensive survey covering the whole area by recording EČV (vehicle identification number), it was possible to take the results over as the basis for road system loading.

As a matter of course, the loading of individual sections of the system calculated by means of transport relations matrices must be verified via the actual loading. In case the calculated loading does not correspond with the actual loading, it is necessary to return to the preceding steps by way of feedback, and to use correction to achieve correspondence between the actual loading and the calculation. The feedback is actually used to calibrate the parameters used in the present state. The calculations made show that the methodics suggested for the modeling of transport and transportation process is correct, verified with respect to the modeling in the region of Žilina.

#### 4. Conclusion

The aim of the modeling of transport and transportation process within the research project was to pinpoint some modern transport engineering methods used at present in countries with a high degree of automobilization with respect to solving the transport problems in the area. The testing of these methods in the concrete case of the region of Žilina proves the possibility of using such methods in our country as well. It is necessary to provide

sú okresy a kraje. Modelovať tak rozsiahle územie je možné len s podporou vhodného softvérového programu.

Nakoľko u nás v súčasnosti nie je k dispozícii takýto program, bol nakoniec zakúpený softvérový program VISION od firmy PTV Karlsruhe, ktorý pozostáva z časti pre modelovanie dopytu - VISEM a z časti pre modelovanie ponuky - VISUM. Zakúpený program umožňuje členiť riešené územie do 200 dopravných okrskov, s maximálnym počtom 1000 uzlov a 2500 úsekov na dopravných sieťach. Tento rozsah by v zásade mal byť dostatočný pre riešenie veľkých územných celkov, regiónov, ale aj veľkých a stredných miest.

Ďalším cieľom tejto časti projektu bolo overenie navrhovanej metodiky modelovania na Žilinskom kraji. Pre riešené územie sú k dispozícii dostatočné štatistické podklady o dopravných sieťach a ponuke existujúcich dopravných systémov. Na druhej strane prakticky žiadne údaje o požiadavkách na prepravu v osobnej doprave. Preto bolo nutné získať najnutnejšie údaje vykonaním dopravno-sociologického prieskumu aspoň v minimálnom požadovanom rozsahu. Jeho vykonanie a vyhodnotenie zabralo najviac času pri riešení tejto úlohy. Ďalšou neprijemnosťou bola absencia štatistických údajov o pracovných príležitostiach celkom a z toho v terciárnom sektore, v jednotlivých sídelných útvaroch. Aj tu bolo potrebné obrátiť sa na miestne zastupiteľstvá, aby poskytli potrebné údaje, pokiaľ ich nemajú, tak aspoň odborným odhadom. Tieto údaje sú spolu s údajmi o miestach v školách a demografií obyvateľstva bezpodmienečne nutné pre moderné postupy modelovania prepravného procesu.

Záverom možno konštatovať, že výskumný projekt navrhuje reálnu metodológiu modelovania prepravného a dopravného procesu s využívaním moderných postupov vo veľkých územných celkoch, overenú na Žilinskom kraji. Nakoľko doteraz nebol v takomto území v praxi riešený žiaden plánovací dokument na úseku dopravy pomocou znalostí prepravného procesu, hoci to platná legislatíva vyžaduje, treba požiadať Ministerstvo životného prostredia a Ministerstvo dopravy, pôšt a telekomunikácií SR ako príslušné pre územno-plánovacie a dopravno-inžiniersku dokumentáciu, aby dopravné riešenia veľkých územných celkov boli spracované v zmysle legislatívy. Takéto modelové riešenie by bolo vhodné postupne spracovať aj pre všetky nižšie (okresy) a vyššie (kraje, príp. VÚC) územnosprávne celky. Jedine takýmto komplexným riešením možno zabezpečiť optimálnu obsluhu príslušného územia a kvalitnú dostupnosť jeho územnosprávneho centra. Vzhľadom na potrebné personálne a technické vybavenie (hardvér, softvér) takéhoto pracoviska, bolo by vhodné, aby sa vytvorila organizácia, ktorá by zabezpečovala trvale nutnú dopravno-inžiniersku službu pre spracovávanú územno-plánovacie a dopravno-inžiniersku dokumentáciu, a to modelovaním prepravného a dopravného procesu modernými postupmi a metódami.

Bolo by asi nezodpovedné, keby sa výsledky tejto výskumnej úlohy následne nevyužívali v praxi, nakoľko by sa naďalej zväčšovala disproporcía medzi požiadavkami na premiestňovanie a optimálnym rozvojom dopravných systémov, čo by malo za následok ďalšie prehlbovanie dopravných problémov. Na druhej strane by

professionally founded proposals, the outcome of which will be quality and ecologically acceptable transport solutions, whether in cities or in territory administration units like regions and districts. Modelling of an area of this size can only be facilitated with an aid of an appropriate software.

Due to the fact that such program is not available in our country at the time, the software VISION of the firm Karlsruhe was bought in the end, which consists of the part for modeling the demand - VISEM and the part for modeling the offer - VISUM. The software bought makes it possible to structure the territory subject to research into 200 transport zones with a maximum amount of 1000 nodes and 2500 sections in transport systems. This extent should be sufficient for the solution of major territory units, regions, as well as big and mid-size cities.

Another aim of the project was the verification of the proposed methodics of modeling in the region of Žilina. There are sufficient statistical data available for the area in question, describing transportation systems and their actual offer. Therefore it was necessary to obtain the most vital data via carrying out a transport sociological survey at least in the minimum extent required. The processing and assessment of the above was the most time-consuming part of the research. Another drawback was the absence of statistic data on employment opportunities in total, and out of that in tertiary sphere, by individual territory units. In this respect, also, it was necessary to address the local authorities to supply the necessary data, or an expert estimate in case they did not have them. These data are, together with the data on places at schools and population demography, indispensable for the modern methods of transport process modeling.

In conclusion, it can be stated that the research project suggests a real methodology of modeling of transport and transportation process while using modern methods in major territory units, verified on the region of Žilina. While with respect to such area there has never been practical experience with a transport planning document that would be based on the knowledge of transportation process, although this is required by law, it is necessary to ask the Ministry of Environment and the Ministry of Transport, Post and Telecommunications of the Slovak Republic as the respective institutions concerning regional planning and transport engineering documentation to implement transport solutions of major territory units in line with the valid law. Such model solution should be gradually processed for all the lower (districts) and higher (regions) territory units as well. It is only the complex solution of this kind that can allow for an optimal operation of the respective territory and high-standard accessibility of its administrative centre. With regard to the necessary staff and technical capacities (hardware, software) of such a laboratory it would be convenient to set up an organization that would continuously provide the always necessary transport engineering services for the regional planning and transport engineering documentation in preparation via modeling transport and transportation process by modern methods and procedures.

It would probably be irresponsible not to use the results of such a research project in real life, because the lack of proportion between requirements for transportation and the optimal development of transport systems would extend, which would result in further worsening of transportation problems. On the other hand,

bola škoda nevyužívať zakúpený kvalitný softvér, ale aj mladých odborníkov, vyškolených v tomto odbore. Modelové riešenie prepravného a dopravného procesu môže značne skvalitniť aj urbanistický návrh, pretože optimalizácia požiadaviek na premiestnenie je založená na správnom urbanistickom návrhu rozmiestnenia funkcií (aktivít ľudskej činnosti) v území.

it would be a pity not to use the high-standard software already bought, as well as the young experts educated in the field. In addition, model solution of transport and transportation process can be of great benefit to urban planning, because optimization of transportation requirements is based on proper urban planning of distribution of responsibilities (human activities) in the area.

### Literatúra - References

- [1] Obce v číslach 1996. Štatistické údaje o okresoch. Krajská správa ŠÚ SR Žilina, 1997
- [2] HOLLAREK, T., KUŠNIEROVÁ, J., KALAŠOVÁ, A.: *Analýza dopravno-sociologických prieskumov vykonaných v SR s vytypovaním všeobecných zákonitostí - Záverečná správa výskumnej úlohy č. PEDaS-8-17/1991*, VŠDS Žilina, Fakulta PEDaS, september 1994
- [3] Benutzerhandbuch VISEM, VISUM, PTV Karlsruhe, 1998
- [4] BRILON, W.: *Verkehrsplanung II*. Ruhr Universität Bochum, 1994
- [5] Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku
- [6] KUŠNIEROVÁ J., HOLLAREK T.: *Metódy modelovania a prognózovania prepravného a dopravného procesu*. Monografia v rozsahu 161 strán, vrátane 75 tabuliek a 36 obrázkov. Vydala Žilinská univerzita v EDIS - vydavateľstve ŽU, marec 2000