

## Gyalogosforgalmi terek forgalmának szimulációja

Gyalogosforgalmi téren olyan területet értünk, amelyen célirányos gyalogosforgalom bonyolódik le (pl. gyalogos aluljáró, járda stb.). Ilyenek tervezésénél (méretezésénél) ismerni kell a várható — irányonkénti — forgalom nagyságát. Egyszerűbb elemek (pl. lépcső, folyosó) tervezéséhez végezhetőek olyan számítások, amelyek alapján a várható forgalom és az objektum méretei közötti összefüggések meghatározhatók; tehát kiszámolható, hogy adott forgalomhoz milyen széles folyosót kell tervezni, vagy, hogy egy adott méretű folyosón mekkora forgalom képes keresztüláramlani. Bonyolultabb gyalogosforgalmi terek esetében ilyen számítások nem — vagy csak nagyon nehezen — végezhetőek. Az alábbiakban következő modell sem tud közvetlenül választ adni ilyen kérdésekre (tehát, hogy adott forgalomhoz melyek a megfelelő méretek vagy, hogy adott méretek mekkora forgalmat „bírnak” el), noha elsődleges célja, hogy gyalogosforgalmi terek méretezéséhez (tervezéséhez) segítséget nyújtson. Ez a modell lényegesen egyszerűbb kérdésre igyekszik válaszolni, arra, hogy adott méretek adott forgalom mellett szűkek-e, vagy sem, de nem tudjuk meg, hogy milyen mértékben. A válaszadáshoz a modell megpróbálja lejátszani (szimulálni) a valóságban végbemenő folyamatokat.

Képzeld el, hogy alkalmunk lenne madártávlatból fényképfelvételeket készíteni egy aluljáró forgalmáról. A felvételeket szabályos időközönként (mondjuk másodpercenként) készítenénk. Az így kapott fényképeket időrendben egymás mellé téve meglehetősen pontos információink lennének az aluljáróban áramló forgalomról. A modell is ilyen „felvételeket” készít, de nem fotótechnikával, hanem „kiszámítja” a „felvételt” az előző jellemzői alapján. Ezek a számítások a következő feltételezéseken alapulnak:

- a gyalogosok által időegységenként megtett távolság a környezetükben levő gyalogosok sűrűségétől függ;
- a gyalogosok által leírt útvonal egyenes szakaszokkal jól közelíthető;
- a gyalogosok útirányuktól többé-kevésbé eltérnek a „legkisebb ellenállás” irányába.

*A pillanatnyi helyzet jellemzői:*

A fentiekben említett fényképfelvételt helyezzük el egy koordinátarendszerben (mondjuk a bal alsó sarka legyen az origó) és válasszunk egy egységet (pl. 1 méter = 1 egység). Az így kapott négyzetháló elemi négyzeteihez rendeljük hozzá a négyzetben tartózkodó gyalogosok számát. Azokhoz a négyzetekhez,

amelyek nem tartoznak a gyalogosforgalmi térhez (fal, oszlop stb.) „végtelen” nagy számot rendelünk. Ilyen módon a felvételnek megfeleltettünk egy mátrixot (két dimenziós tömböt), ami már jól kezelhető számítógéppel és jól leírja az aluljáró sűrűségviszonyait. Ezt a mátrixot a továbbiakban sűrűség mátrixnak nevezzük.

Készítsünk egy listát, amelyben jegyezzük minden gyalogos pillanatnyi helyét („központjának” koordinátáit) és haladásának irányát. Egy adott időpontban ez a lista és a sűrűség mátrix jól jellemzi a gyalogosforgalmi térforgalmi viszonyait. A rendszerben tartózkodó gyalogosok időegységenként változtatják helyüket, „arrébb lépnek”, azaz változik a listán jegyzett koordinátájuk. Az, hogy egy „lépés” milyen nagy, azaz a listában szereplő régi és új koordináták közti távolság mekkora, attól függ, hogy a „környéken” milyen a sűrűség, ami a sűrűség mátrix alapján könnyen kiszámolható.

### Az irány jellemzők

A gyalogosforgalmi térben mozgó gyalogosok meghatározott cél (kijárat) felé igyekeznek a forgalmi tér alakját figyelembe vevő ésszerű útvonalon. A modellben levő „pontok” (a gyalogosok) mozgási irányának kijelölését a bejáratoktól a kijáratokig egy irányítópont sorozattal határozhatjuk meg. A bejáratokon belépők egy megadott eloszlás szerint „választanak” egyet a rendelkezésre álló irányítópont sorozatok (kijáratok) közül. Ennek első pontja határozza meg a haladás fő irányát, egészen addig, míg ennek bizonyos (előre megadott) környezetébe nem érnek. Ha — a „lépegetések” eredményeként — átlépték a környezet határát, az irányítópont sorozat következő tagja által meghatározott irány lesz a fő irány. Ez nem jelenti azt, hogy mindig ebbe az irányba haladnak. A valóságban, ha egy gyalogos egy távoli cél (pl. kijárat) felé igyekszik a közvetlen előtte levő akadályokat kisebb-nagyobb kitéréssel elkerüli. A modell ezt úgy szimulálja, hogy minden lépés előtt megvizsgálja a főirányban és az ettől jobbra és balra kicsit eltérő (pl.  $\pm 20^\circ$ ) irányokban éppen uralkodó sűrűség-viszonyokat, néhány méteres távolságon (figyelési távolságon) belül. Ezen alternatív irányok közül kiválasztja a legkedvezőbbet (a legkisebb ellenállásút) és ebbe az irányba lépteti az éppen soron levő pontot (gyalogost). Mivel egy időegység alatti lépés hossza még kis ellenállás (sűrűség) esetén is csekély, ez a „manőver” nem téríti el lényegesen a fő irányból a gyalogosokat, de lehetőséget nyújt arra, hogy elkerüljék az előforduló akadályokat (pl. torlódási hely, oszlop stb.).

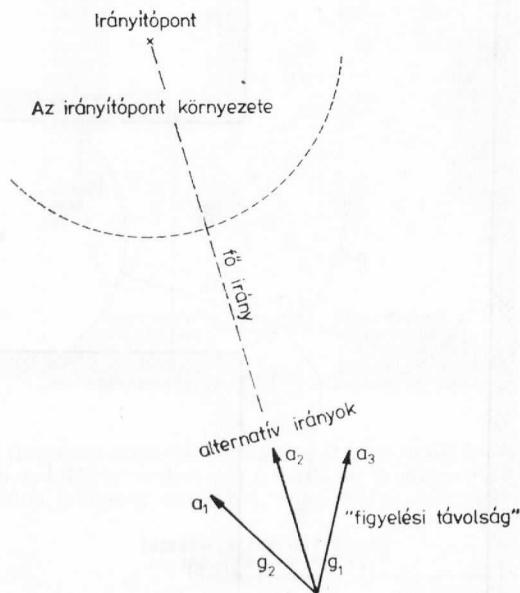
### A számításhoz szükséges adatok

A számításokhoz szükséges adatok három csoportra oszthatók:

- a paraméterek;
- a gyalogosforgalmi tér adatai;
- a forgalom adatai.

A paraméterek által határozhatók meg a forgalmi tér különböző méretei, az adatközlésben és a modellben szereplő mértékegységek, a gyalogosok mozgás-

adatai, az eredményközlésre vonatkozó igények stb. A paraméter-készlet megadása döntően befolyásolja a számítások megbízhatóságát. Ajánlatos az „éles” számítások előtt, a vizsgálandó gyalogosforgalmi tér jellegéhez (rendeltetéséhez) hasonló, már „működő” és megfigyelhető gyalogosforgalmi tér forgalmát szimulálni és a paraméter-készletet ellenőrizni. (Lényeges az azonos jelleg, hiszen például más a gyalogosok sebessége aluljáróban és más sétáló-



1. ábra

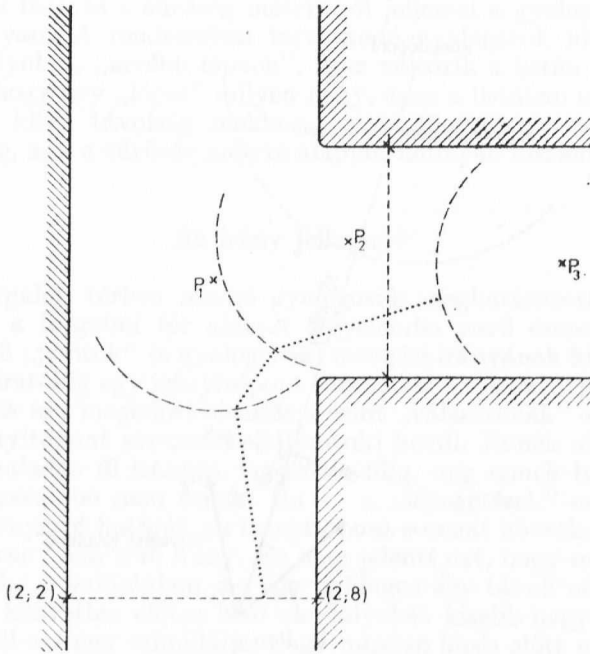
Minden „gyalogos” időegységenként „lép” egyet. A  $g_1$  pontból  $g_2$ -be lép, ha az alternatív irányok közül az  $a_1$  irányban a legkisebb a sűrűség és ehhez a sűrűséghez (a sebesség függvény szerint) ekkora lépéshossz tartozik

utcában.) A gyalogosforgalmi tér alaprajzát az említett négyzethálóra hivatkozva adhatjuk meg. (A háló „finomításával” tetszőleges pontossággal). A be- és kijáratokat a koordináták szerint kódolhatjuk. A forgalom meghatározásához bejáratonként kell megadni a belépők eloszlását és a belépés utáni irányválasztás eloszlását. Például az 2. ábrán (2;2) és (2;8) koordinátájú pontok által meghatározott bejáraton óránként 5200 fő lép be egyenletesen, és ezek 40%-a a  $P_1 P_2 P_3$  irányítópont sorozat által megadott irányba halad.

### A számítások eredményei

Az eredményt a sűrűség mátrix és néhány statisztikai információ kiíratásaként kapjuk. Ha megfelelő berendezés (grafikus display) áll rendelkezésünkre, akár folyamatosan is megjelenhet a gyalogosforgalmi téren áramló forgalom egy képernyőn, és mint egy filmet nézhetjük végig a tervezett aluljáróban

áramló forgalmat. Szerényebb technikai felszereléssel is használható „felvételek” készíthetők, ha bizonyos időközönként előállítjuk a sűrűség mátrix „printer ábráját” (mátrix elemeit sötétebb vagy világosabb karakterekkel nyomtatjuk ki, a sűrűség mértékétől függően). Ha a — mondjuk — öt percenként készül „felvételeken” egyre nagyobb sötét foltok (torlódási helyek) láthatók, az aluljáró „nem bírja” a forgalmat. Ebben az esetben a rendszerben



2. ábra

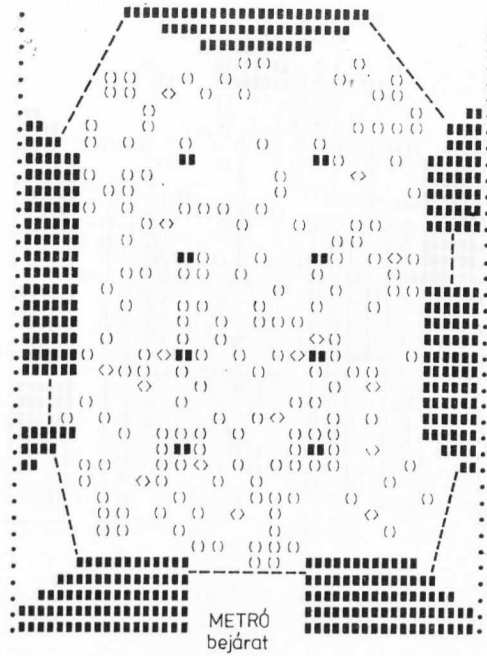
A (2; 2) és (2; 8) koordináták által meghatározott szakasz (bejárat) véletlen pontján jelenik meg a belépő „gyalogos” és a  $P_1, P_2, P_3$  irányítópont sorozattal meghatározott irányba halad. A  $P_1$  pont lesz a fő iránya, egészen addig míg el nem éri annak környezetét. Ezután a  $P_2$  pont felé halad stb

tartózkodó gyalogosok száma egyre nagyobb lesz. Viszont ha egy szinten megáll a növekedés a sötét foltok (ha vannak) stabil állapotba kerülnek, akkor ez azt mutatja, hogy az aluljáró nem szűk a tervezett forgalomnak. Ezekből a felvételekből kiderülhet az is, hogy a tervezett objektum túlméretezett, és a tervek esetleges módosításához is rendelkezésre áll némi támpont.

Az itt következő példa (3., 4. és 5. ábra) az Astória aluljáró forgalom szimulációjának eredményeiből mutat be részleteket. A felhasznált forgalmi adatok egy délutáni csúcsidő adatai.

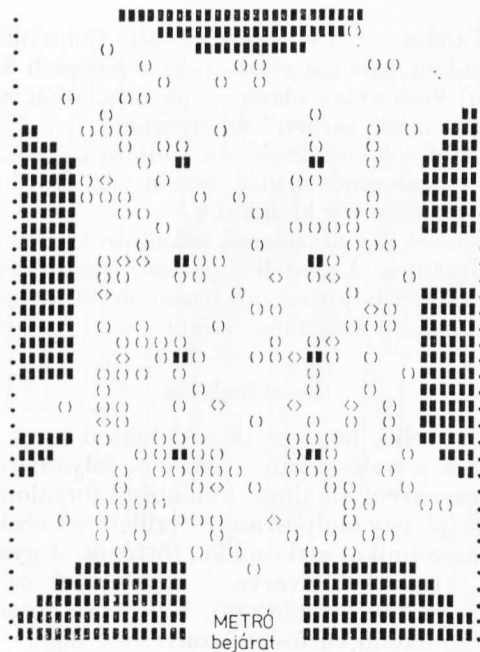
A számítás célja ebben az esetben az algoritmus tesztelése volt, tehát annak eldöntése, hogy modell jól közelíti-e a valóságos forgalmi viszonyokat.

Az eredményekből látszik, hogy az aluljáróban a forgalom nem teljesen egyenletesen oszlik el. A METRÓ bejárat, illetve Rákóczi út Múzeum krt. sarok (az ábra bal alsó sarka) és az Astória sarok (bal felső sarok) között, valamint a



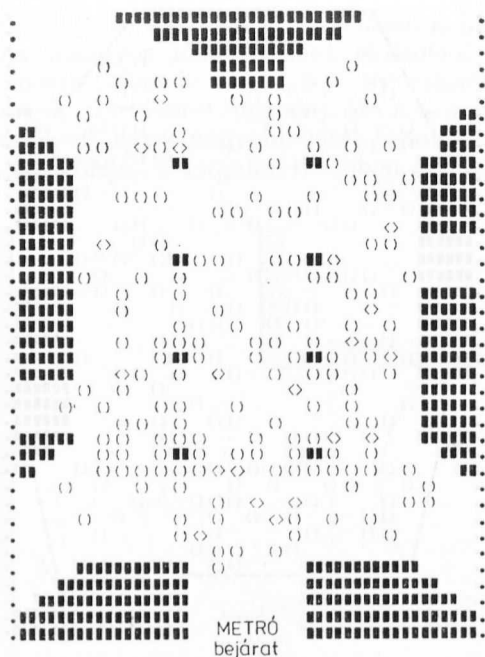
3. ábra

Az Astória aluljáró forgalom szimulációjának eredményeként kapott „felvétel”. (A szaggatott vonalak a be- és kilépési szakaszok, a kerek és szögletes zárójelpárok olyan egyszer egy méteres négyzetet jelölnek, amelyben egy, illetve két gyalogos tartozdik)



4. ábra

Ez a felvétel „öt perccel” a 3. ábrán látható felvétel után készült. Az aluljáróban tartózkodó gyalogosok száma és eloszlása nem változott lényegesen



5. ábra

Ez a felvétel — összehasonlítva a 3. és 4. ábrán láthatókkal — jól mutatja, hogy az Astória aluljáró Kossuth Lajos utca felőli részén elhelyezendő újságárusító pavilon nem zavarja meg az aluljáróban áramló forgalmat

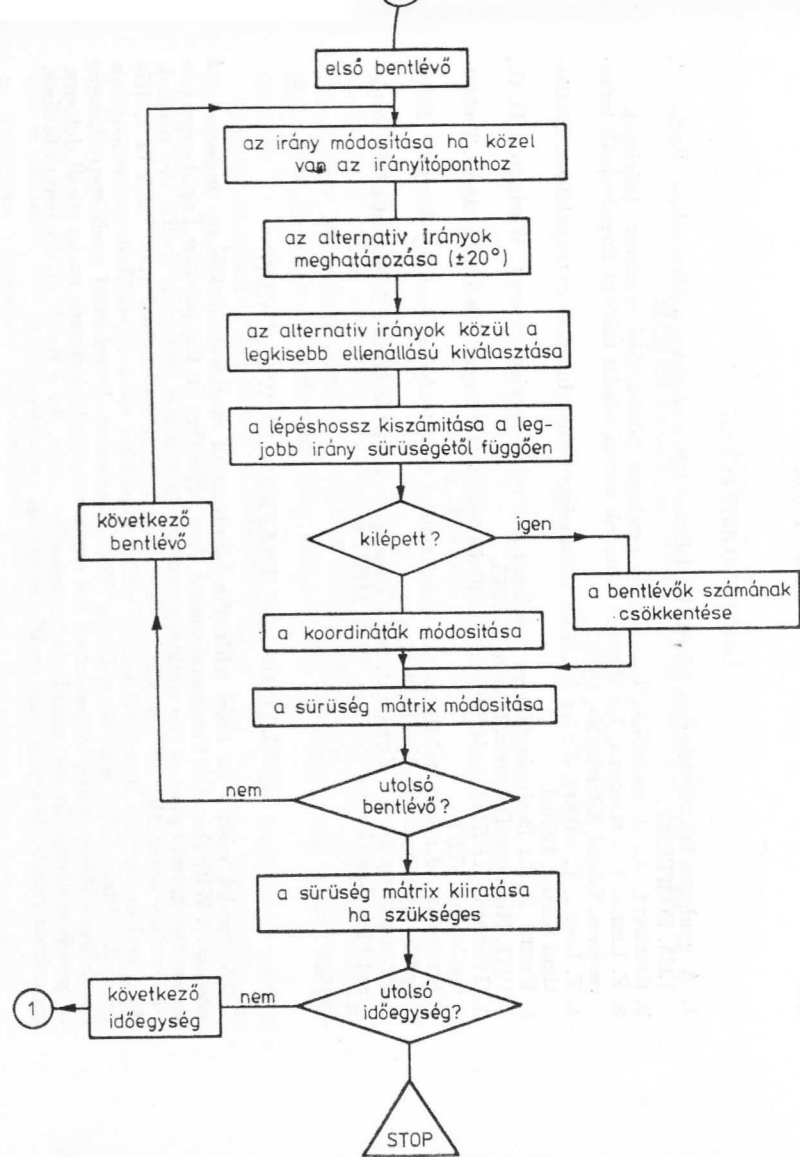
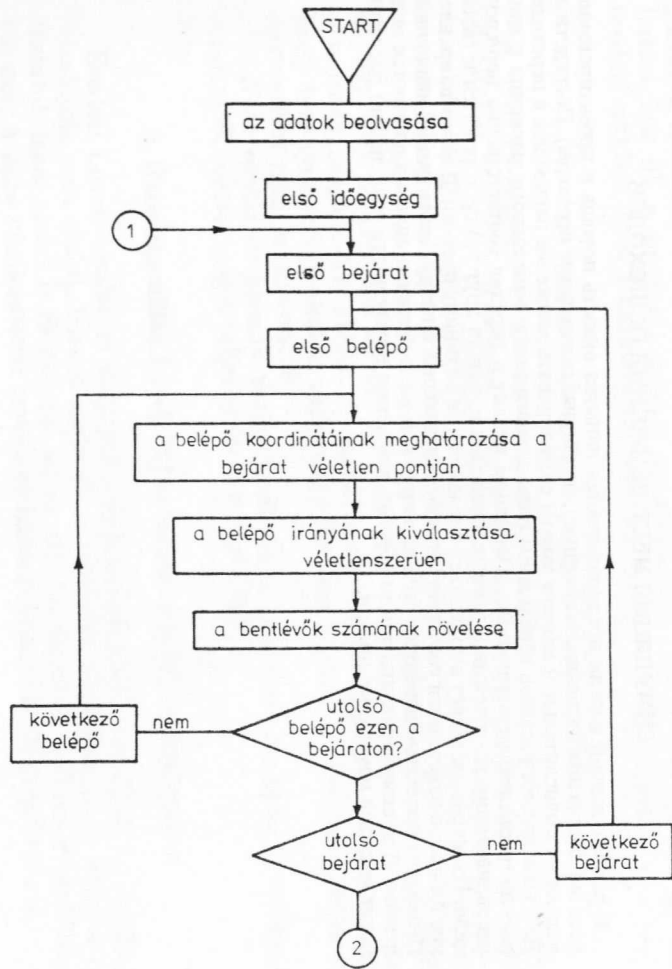
METRÓ bejárat és Tanács krt.-i villamos megálló (jobb oldal közepén) között bonyolódik le a forgalom jelentős része, míg a Kossuth Lajos utcai oldalon (az ábra felső részén) viszonylag alacsony az áthaladók száma. Az 5. ábrán látható, hogy ebben a „holt térben” elhelyezhető egy újságárusító pavilon, ami nem zavarja az aluljáró forgalmát. Az aluljáró méretei megfelelnek a forgalomnak. Arányos forgalomnövekedés esetén várható, hogy a METRÓ bejárat előtti területen torlódás fog kialakulni.

A fenti következtetések természetesen számítások nélkül is adódnak, csak körül kell nézni a helyszínen. A modell segítségével azonban olyan (pl. tervezés alatt álló) aluljárók esetén is juthatunk használható következtetésekre, amelyeknél a helyszíni szemlére még nincs mód.

### Összefoglalás

A modell elsődleges célja, hogy gyalogosforgalmi terek tervezéséhez segítséget nyújtson. Ehhez a valóságban lejátszódó folyamatokat utánozza (szimulálja). A modell ezenkívül alkalmas különböző forgalomkorlátozások hatásainak vizsgálatára is (pl. egy aluljáró adott területének elzárása a forgalomtól). A szimuláció számítástechnikai eszközökkel történik. A gyalogosforgalmi téren mozgó gyalogosok — egymást zavarva — igyekeznek céljuk felé. Mozgásuk időegységankénti lépegetéssel közelíthető. Egy lépés hossza (sebesség) a környezetükben éppen uralkodó sűrűségviszonyoktól függ.

(Beérkezett: 1979. március 28-án)



## IRODALOMJEGYZÉK

1. A gyalogos közlekedés és a közúti közlekedés kölcsönhatása a fővárosban. Budapest, 1965. FÖMTERV.
2. BERÉNYI, J.: A metróhoz kapcsolódó gyalogos közlekedési rendszer. (kézirat).
3. F. LISKA, T.—MAKULA, L.: Egyszerű modell városi közúti hálózat forgalmának tervezéséhez. Városi Közlekedés, 1978/1.
4. F. LISKA, T.—RÉTI, J.: Az ÁKM-ek belső négyzetének inter- és extrapolálása. Statisztikai Szemle, 1976/4.
5. FRUIN, J. J.: Designing for pedestrians: A level-of-service concept. Wasington D. C., 1971. Highway Research Record N° 355.
6. GYÖRFFY, L.: Közlekedés tervezés különös tekintettel a gyalogos közlekedésre. Területrendezés, 1977/3.
7. KELEMEN, J.: A metróállomások utasforgalmi méretezésének néhány kérdése. Mélyépités tudományi Szemle, 1976/11.
8. PUSKHAREW, B. S.—ZUPAN, J. M.: Urban space for pedestrians. A Report of the Regional Plan Association. London, 1976. MIT Press.

## SIMULATION OF TRAFFIC OF WALKWAYS

The model wishes to help with the planning of walkways (such as underground passages). With the model we can simulate the traffic flow in the passage. For the computation the ground plan of the walkway and the data of the (planned) traffic are needed. Pedestrians enter the area according to a distribution determined upon basis of traffic data and go toward their destination while disturbing each other. Their movement can be approximated by unit-time steps. The length and direction of each step changes according to the traffic situation of the environment. Pedestrians make small detours, or progress slower in the vicinity of congestion spots. As a result of the computations, snapshots can be taken of the traffic situation thus simulated.

## СИМУЛЯЦИЯ МЕСТ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ

В рамках данной модели предпринимается попытка оказать помощь в проектировании мест передвижения пешеходов (например, подземные пешеходные переходы). Посредством модели на вычислительной машине можно симулировать движение пешеходов в переходе. Для выполнения расчетов необходимы план данного места пешеходного движения и данные по движению (планируемые). Пешеходы входят в переход соответственно порядку, уславливаемому на основании данных движения и, мешая друг другу, стремятся к своей цели. Их движение может выражаться числом шагов в единицу времени. Длина и направление их шагов изменяются соответственно складывающейся вокруг их ситуации движения. Пешеходы несколько изменяют свой маршрут или же в местах скопления двигаются медленнее. Для симулирования таким образом движения в результате выполнения расчетов могут делаться моментные снимки.