

PIYODALAR HARAKATINI AGENTLI MODELLASHTIRISH ASOSIDA DO‘KONDA XARIDORLAR OQIMINI TAHLIL QILISH

Nishonova D.B.

FarDU magistranti, nishonovfarkhod@gmail.com.

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘z-o‘ziga xizmat ko‘rsatish do‘konida xaridorlar harakatini agentli modellashtirish asosida tadqiq qilish masalasi ko‘rib chiqiladi. Model AnyLogic muhitida qurilib, xaridorlar oqimining paydo bo‘lishi, harakat yo‘nalishi, xizmat ko‘rsatish jarayoni hamda tizimdagi tiqilinch zonalar tahlil qilindi. Tadqiqot natijasida kassalar soni va joylashuvi tizim samaradorligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar. Agentli modellashtirish, piyodalar harakati, AnyLogic, Poisson jarayoni, navbat nazariyasi, M/M/s modeli, xizmat ko‘rsatish tizimi, simulyatsiya modeli, zichlik xaritasi, supermarket logistikasi, stoxastik jarayonlar, optimallashtirish.

Kirish. Zamonaviy savdo tizimlarida xaridorlar harakati, navbatlarning hosil bo‘lishi va xizmat ko‘rsatish jarayonlari tizim samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan hisoblanadi. O‘z-o‘ziga xizmat ko‘rsatish do‘konlarida xaridorlarning harakati stoxastik xarakterga ega bo‘lib, ularni analitik usullar yordamida to‘liq tavsiflash qiyin.

Piyodalar harakatini modellashtirish transport tizimlari, savdo markazlari va ommaviy xizmat ko‘rsatish obyektlarini tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega. Ijtimoiy kuch modeli asosida piyodalar dinamikasini tavsiflash usuli birinchi marta Helbing va Molnar tomonidan taklif etilgan [1].

Diskret-hodisaviy modellashtirish va simulyatsiya nazariyasining asosiy tamoyillari Banks va boshqalar [2], hamda Law [3] tomonidan keng yoritilgan.

Navbat nazariyasining klassik M/M/s modeli xizmat ko‘rsatish tizimlarini tahlil qilishda keng qo‘llaniladi [5].

Agentli modellashtirish insoniy tizimlarni o‘rganishda samarali yondashuv sifatida qaraladi [9].

Piyodalar oqimini fazoviy modellashtirish va marshrut tanlash masalalari Hoogendoorn va Bovy tomonidan tadqiq qilingan [6].

Mazkur tadqiqotda model AnyLogic dasturiy muhiti asosida qurildi [4].

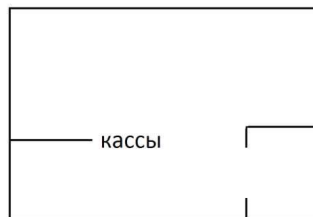
Shu sababli maqolada xaridorlar harakatini agentli modellashtirish asosida o'rganish masalasi qo'yiladi. Model AnyLogic dasturiy muhiti yordamida qurilib, quyidagi jarayonlar tadqiq etiladi:

Piyodalar harakatini modellashtirish transport tizimlari, savdo markazlari va ommaviy xizmat ko'rsatish tizimlarini tahlil qilishda muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa supermarketlarda xaridorlar oqimi, navbatlar va xizmat ko'rsatish tezligi tizim samaradorligini belgilaydi.

Agentli modellashtirish yondashuvi har bir xaridorni alohida agent sifatida ko'rib, ularning individual harakat qonuniyatlarini hisobga olish imkonini beradi.

Masalaning qo'yilishi. O'z-o'ziga xizmat ko'rsatish do'konida xaridorlarning harakati va ularga xizmat ko'rsatish jarayonini modellashtirish.

Do'kon bir nechta bo'limlardan iborat. Do'konda bitta kirish mavjud va u chiqish vazifasini ham bajaradi. Xaridorlar do'kondan chiqishda beshta kassada hisob-kitob qilishadi.

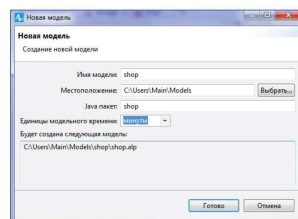


Yechish.

1-bosqich. Model fazosini belgilash

1-qadam. Model yaratish. Yangi model yarating, model vaqt birliklarini tanlang va unga nom beramiz.

Istalgan grafik muharrirda do'kon rejasini chizib olamiz.



2-qadam. Do‘kon rejasini modelga joylashtirish. “Presentation” (Taqdimot) yorlig‘iga o‘ting va “Image” (Rasm) asbobini sudrab olib keling. Ochilgan oynada do‘kon rejasining faylini tanlaymiz.



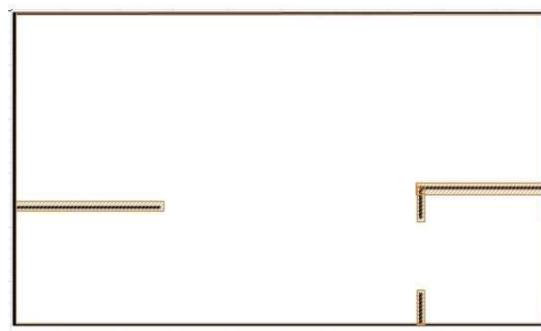
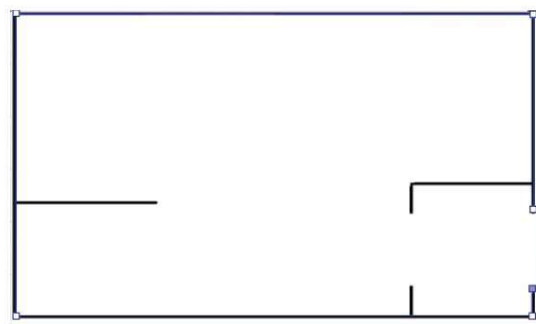
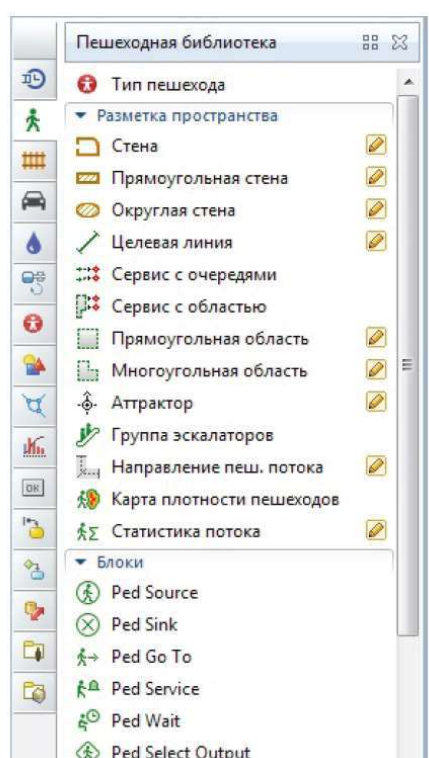
3-qadam. Modelda do‘kon devorlarini yaratish. Piyodalar modellarini yaratishda maxsus Piyodalar kutubxonasi ishlatiladi. Unda ikki bo‘lim bor:

- ✓ Fazoni belgilash
- ✓ Bloklar

Modelni yaratish fazoni belgilashdan boshlanadi.

“Fazoni belgilash” bo‘limidan Devor asbobini tanlab, do‘kon tashqi devorlarini chizamiz.

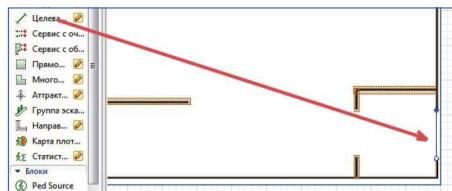
Ichki devorlarni yaratish uchun To‘rtburchak devor asbobini tanlang va ichki devorlarni chizamiz.



4-qadam. Xaridorlar kirish chizig‘ini modellashtirish. Piyodalar modelida odamlar qayerda paydo bo‘lishini ko‘rsatish zarur.

Buning uchun Maqsad chizig'i (Target Line) asbobi ishlatiladi.

Ushbu asbobni tanlab, do'kon kirish joyida kirish chizig'ini chizing. Uning nomini *EnterLine* deb belgilaymiz.

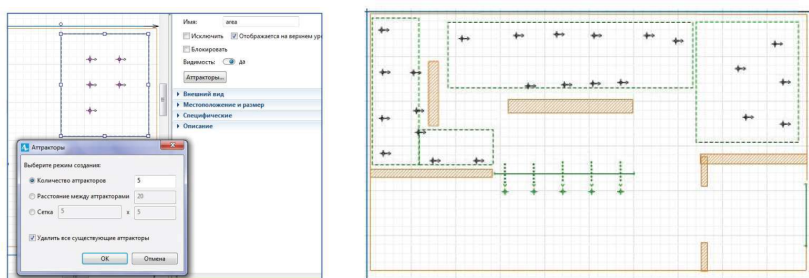


5-qadam. Do'kon bo'limlarini modellashtirish. Do'kon bo'limlarini modellashtirish uchun To'rtburchak hudud asbobi ishlatiladi.

Bu hududda avtomatik ravishda attraktorlar yaratiladi.

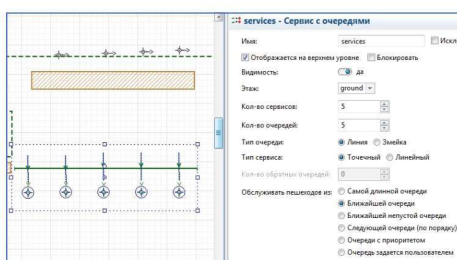
Attraktorlar — bu piyodalarni o'ziga tortadigan maxsus elementlar bo'lib, ular harakatni boshqarish imkonini beradi.

Har bir bo'lim uchun alohida hudud yarating va attraktorlarni tovarlar joylashgan joylarga qo'yamiz.



6-qadam. Kassalar joylashuvini modellashtirish. Buning uchun Navbatli servis asbobi ishlatiladi.

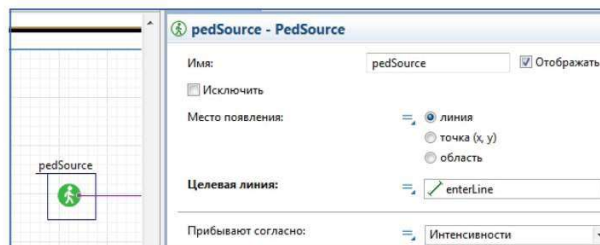
- ✓ Kassalar soni: 5
- ✓ Har bir kassa uchun alohida navbat bo'ladi
- ✓ “Eng yaqin navbat” varianti tanlanadi



2-bosqich. Model mantiqini yaratish

1-qadam. Xaridorlarning paydo bo'lishini modellashtirish. Buning uchun PedSource bloki ishlatiladi.

- Intensivlik: soatiga 500 kishi
- Paydo bo'lish joyi: EnterLine

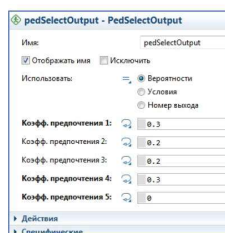


2-qadam. Xaridorlarning harakatini modellashtirish. Xaridorlar do'konning 4 ta bo'limidan istalganiga deyarli teng ehtimollik bilan yo'nalishi mumkin. Ushbu harakatni amalga oshirish uchun xaridorlar do'konga kirkandan so'ng ularning oqimi 4 ta alohida oqimga ajratiladi.

Piyodalar oqimini taqsimlash PedSelectOutput bloki yordamida bajariladi.

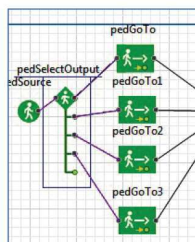
Ushbu blokni modelga joylashtiring va uning kirish qismini PedSource blokining chiqish qismiga ulaymiz.

Blok xususiyatlarida oqimni taqsimlash ehtimollari birlik ulushlarda (0 dan 1 gacha bo'lgan qiymatlarda) belgilaymiz.

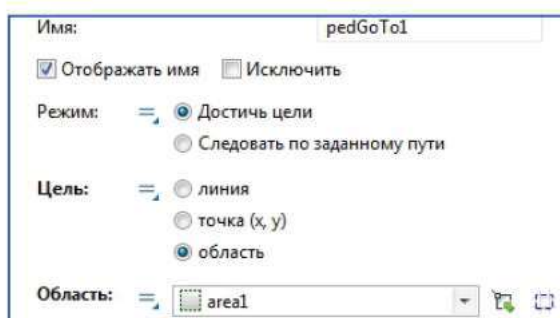


Modelda piyodalar (xaridorlar) harakati PedGoTo bloki yordamida aniqlanadi.

Buning uchun ishchi maydonga 4 ta PedGoTo blokini joylashtiring va ularning kirish qismlarini PedSelectOutput blokining mos chiqishlariga ulaymiz.



Har bir PedGoTo bloki xaridorlarni tegishli bo‘lim hududiga yoki attraktor nuqtasiga yo‘naltiradi. Shu tariqa oqim 4 yo‘nalish bo‘yicha mustaqil ravishda boshqariladi.

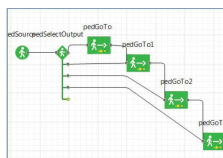


Bunday yondashuv faqat ma’lum bir bo‘limga aniq maqsad bilan boradigan, ya’ni qat’iy yo‘naltirilgan xaridorlar xatti-harakatini modellashtiradi.

Amalda esa xaridorlar odatda do‘konning bir nechta yoki barcha bo‘limlarini ketma-ket ko‘zdan kechiradi.

Shu sababli modelni real sharoitga yaqinlashtirish uchun birinchi pedGoTo blokining chiqishini ikkinchi pedGoTo blokining kirishiga ulang va shu tartibda keyingi bloklarga davom ettiring.

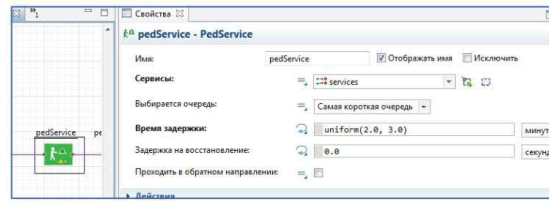
Natijada xaridorlar bo‘limlar bo‘ylab ketma-ket harakat qiladi. Oxirgi ko‘rinish quyidagi rasmda keltirilgandek bo‘lishi kerak.



3-qadam. Xaridorlarning harakat yo‘nalishi. Harakatni pedGoTo bloki belgilaydi.

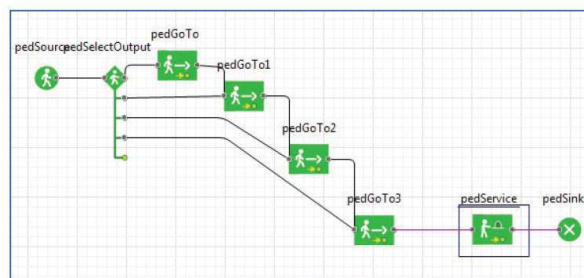
4 ta blok qo‘yiladi va har biri o‘z bo‘limiga yo‘naltiriladi.

Real hayotga yaqin model uchun xaridorlar bo‘limlarni ketma-ket aylanib chiqadi.



4-qadam. Xaridorlarga xizmat ko'rsatish. Buning uchun PedService bloki ishlatiladi.

- Eng qisqa navbat tanlanadi
- Xizmat vaqti: 2–3 minut (tasodifiy)



5-qadam. Modelning ishlash qobiliyatini tekshirish. Modelni ishga tushiring va piyodalar (xaridorlar) harakatini kuzatamiz.

Simulyatsiya jarayonida piyodalar grafik oynada nuqtalar ko'rinishida tasvirlanadi. Ushbu bosqichda quyidagilar tekshiriladi:

- xaridorlarning kirish nuqtasida paydo bo'lishi;
- bo'limlar bo'ylab ketma-ket harakati;
- kassalar tomon yo'nalishi;
- navbatlarning shakllanishi;
- tizimdan chiqishi.

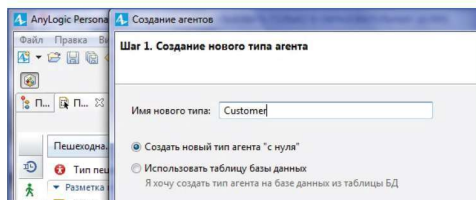
Agar agentlar to'g'ri harakat qilsa va oqim uzluksiz davom etsa, model mantiqiy jihatdan to'g'ri ishlayotgan hisoblanadi.

3-bosqich. Model animatsiyasi.

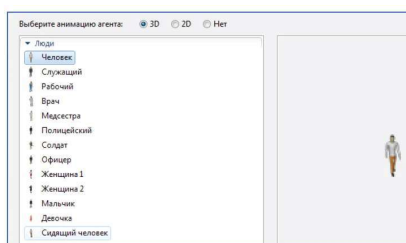
1.1-qadam. Xaridor agentini yaratish. Piyodalarni oddiy nuqtalar ko'rinishida emas, balki yanada axborotli va realistik animatsiya shaklida tasvirlash uchun modelda yangi agent — Xaridor (Customer) yaratiladi.

Buning uchun “Piyoda turi” (Pedestrian Type) blokini modelning ishchi maydoniga sudrab olib keling. Shundan so‘ng yangi piyoda turini yaratish ustasi (Wizard) ishga tushadi.

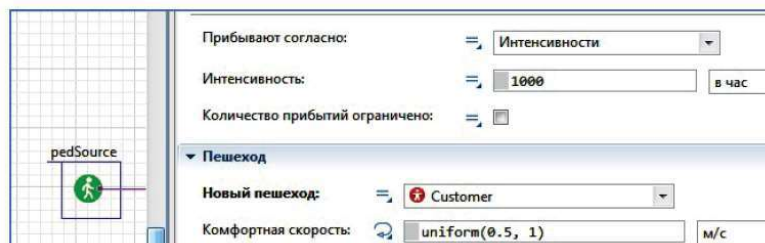
Ustaning birinchi bosqichida yangi tur nomini Customer deb kiritAMIZ:



Piyodalar modellashtirishini boshlaymiz. Do‘kon modelini tuzamiz.

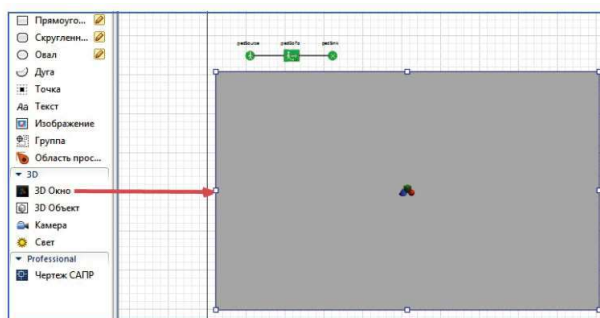


1.2-qadam. Yangi agent turini yaratish. Yangi piyoda turini yaratish ustasining birinchi bosqichida yangi tur nomini kiritamiz: Customer (Xaridor)

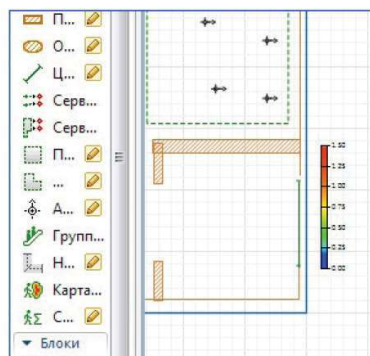


3-qadam. Agent animatsiyasini tanlash. Ustaning ikkinchi bosqichida Xaridor agenti animatsiyasini tanlaymiz(3D yoki 2D ko‘rinish).

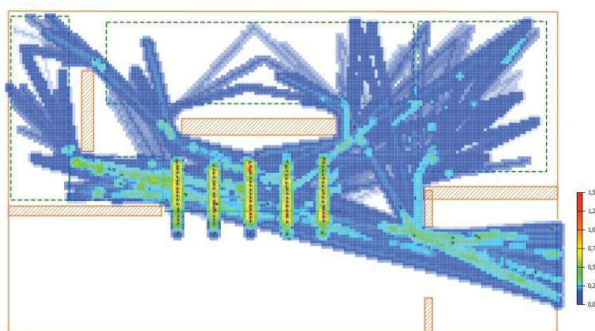
4-qadam. Xaridor agentini modelga bog‘lash. pedSource obyektining xususiyatlariga o‘ting va chiqishdagi agent turini Customer deb belgilaymiz.



5-qadam. Modelda 3D ko‘rish oynasini yaratish. “Presentation” yorlig‘iga o‘ting va 3D Window obyektini modelning bo‘sh joyiga joylashtiring.

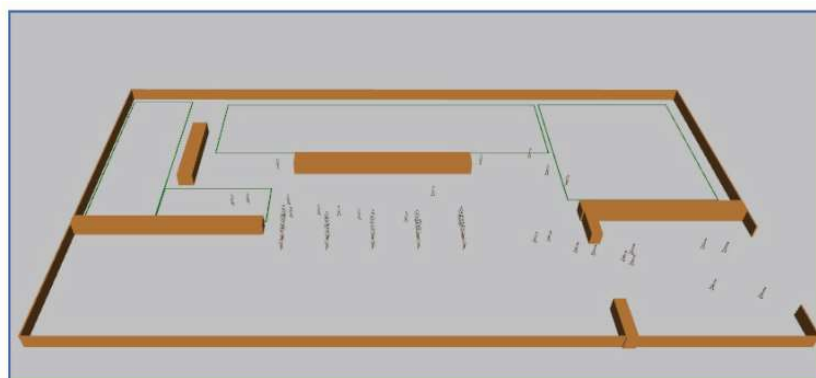


6-qadam. Statistik ma’lumotlarni yig‘ishni qo‘shish. Xaridorlar oqimi intensivligi va odamlar to‘planadigan joylarni ko‘rsatish uchun Piyodalar zichligi xaritasi (Density Map) asbobidan foydalaniladi. Uni modelga joylashtiramiz.



6-qadam. Modelni ishga tushirish. Modelni ishga tushiramiz va do‘konidagi xaridorlarning harakati hamda to‘planishini kuzatamiz.

7-qadam. 3D ko‘rinishga o‘tish. 3D oynaga o‘tamiz va modelning hajmli ko‘rinishini kuzatamiz.



Xulosa. Mazkur tadqiqotda o‘z-o‘ziga xizmat ko‘rsatish do‘konida xaridorlar harakatini agentli modellashtirish asosida tahlil qilish masalasi ko‘rib chiqildi. Model

AnyLogic dasturiy muhiti yordamida qurilib, xaridorlarning kelish jarayoni Poisson oqimi orqali, xizmat ko'rsatish jarayoni esa ko'p kanalli M/M/s navbat modeli orqali tavsiflandi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, tizimdagi asosiy tiqilinch zonalar kassalar oldida yuzaga keladi. Xaridorlar oqimi intensivligi ortishi bilan navbat uzunligi va kutish vaqti sezilarli ravishda oshadi. Kassalar sonini ko'paytirish yoki ularning joylashuvini optimallashtirish tizim samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Shuningdek, zichlik xaritasi yordamida xaridorlar harakatining fazoviy taqsimlanishi tahlil qilindi va do'kon ichidagi tor joylar aniqlanib, ularni bartaraf etish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Agentli modellashtirish yondashuvi real savdo tizimlarining murakkab va stoxastik xususiyatlarini hisobga olish imkonini berishi bilan samarali vosita ekanligi tasdiqlandi.

Tadqiqot natijalari savdo markazlari, supermarketlar va boshqa ommaviy xizmat ko'rsatish obyektlarini loyihalash hamda optimallashtirishda qo'llanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Helbing D., Molnar P. Social force model for pedestrian dynamics // *Physical Review E*. – 1995. – Vol. 51. – P. 4282–4286.
2. Banks J., Carson J. S., Nelson B. L., Nicol D. M. *Discrete-Event System Simulation*. – 5th ed. – Upper Saddle River: Pearson Education, 2010. – 640 p.
3. Law A. M. *Simulation Modeling and Analysis*. – 5th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2015. – 768 p.
4. AnyLogic Company. *AnyLogic Simulation Software: Pedestrian Library User Manual*. – Chicago, 2023.
5. Gross D., Shortle J. F., Thompson J. M., Harris C. M. *Fundamentals of Queueing Theory*. – 4th ed. – Hoboken: Wiley, 2008. – 576 p.
6. Hoogendoorn S. P., Bovy P. H. L. Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models // *Transportation Research Part B*. – 2004. – Vol. 38. – P. 169–190.

7. Treiber M., Kesting A. Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation. – Berlin: Springer, 2013. – 503 p.
8. Shannon R. E. Introduction to the art and science of simulation // Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. – 1998. – P. 7–14.
9. Bonabeau E. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2002. – Vol. 99. – P. 7280–7287.
10. Kelton W. D., Sadowski R. P., Zupick N. B. Simulation with Arena. – 6th ed. – New York: McGraw-Hill, 2014. – 720 p.