

Направления совершенствования стратегии управления городским хозяйством в современных условиях (по материалам г. Еревана)

Аветян А. А.

*преподаватель и соискатель Кафедры управления и бизнеса Российско–Армянского
Университета,
ученый – аналитик Центра исследований стратегического лидерства и управления НИУО
МО РА (Ереван, РА)
armavetian@mail.ru*

Ключевые слова: городское хозяйство, интернет вещей, оптимизация, информационно-коммуникационные технологии, современные технологии, стратегическое управление.

Քաղաքային տնտեսության կառավարման ռազմավարության կատարելագործման ուղղությունները ժամանակակից պայմաններում (Երևան քաղաքի նյութերով)

Ավետյան Ա. Ա.

*Հայ – ռուսական համալսարանի կառավարման և քիզնետի ամբիոնի դասախոս և հայցորդ
ՀՀ ՊՆ ՊԱՀՀ-ի Ռազմավարական առաջնորդության և կառավարման հետազոտությունների կենտրոնի
գիտնական - վերլուծաբան (Երևան, ՀՀ)
armavetian@mail.ru*

Ամփոփում. Քաղաքային տնտեսության արդյունավետ կառավարման հիմնախնդիրը մշտապես եղել է կառավարման ոլորտի գիտնականների ուշադրության կենտրոնում: XXI դարը նշանավորվեց տեղեկատվական տեխնոլոգիաների թռիչքաձև աճով, որը բերեց մարդկային հասարակության զարգացման մի նոր փուլի ձևավորմանը: Այս փուլում փոփոխվեցին նաև մարդու պահանջները քաղաքի և նրա տնտեսության հանդեպ: Այս համատեքստում մեծացավ քաղաքային տնտեսության օբյեկտների տեղաբաշխման, քաղաքային ռեսուրսների օպտիմալ ու արդյունավետ կառավարման համակարգերի ու մոդելների մշակման կարևորությունը: Գիտական հոդվածում ներկայացվում են արդի պայմաններում Երևանի քաղաքային տնտեսության զարգացման ռազմավարության կատարելագործման որոշ ուղիները:

Հանգուցաբառեր՝ ժամանակակից տեխնոլոգիաներ, իրերի համացանց, ռազմավարական կառավարում, տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ, քաղաքային տնտեսություն, օպտիմալացում:

Directions of improving the strategy of urban management in modern conditions (based on the materials of Yerevan)

Avetyan A. A.

*Lecturer and applicant at the Department of management and business of the Russian-Armenian University
Research Fellow of Centre for Research on Strategic Leadership and Management, NDRU, MOD of RA
(Yerevan, RA)
armavetian@mail.ru*

Abstract: The problem of effective urban management has always been in the focus of attention of management scientists. The XXI century was marked by the rapid growth of information technologies, which led to the formation of a new stage in the development of human society. At this stage, the human requirements for the city and its economy have also changed. In this context, the importance of placing urban facilities, developing systems and models for optimal and effective management of urban resources has increased. The scientific article presents some ways to improve the development strategy of the urban economy of Yerevan in modern conditions.

Keywords: information and communication technologies, internet of things, modern technologies, optimization, strategic management, urban economy.

Нарастающие темпы урбанизации и увеличение плотности населения в городских образованиях в XXI веке создали множество проблем (загрязнение воздуха, увеличение объемов мусора, неэффективная система транспортного перемещения и др.) даже для развитых стран. Вышеотмеченные процессы привели к усилению

роли городов и их превращению в отдельные социально-экономические единицы. Ярким примером является город Ереван, где сконцентрирована более чем 54% экономики и ~35% населения Армении. Для решения обостряющихся проблем и повышения эффективности управления городским хозяйством были разработаны

различные программы развития, которые включали в себя множество мероприятий. Однако принимаемые несистемные решения носили всего лишь ситуационный характер, превращая реализуемые проекты в места растраты городских средств. В то же время необходимо отметить и об общей неразработанности стратегий развития городских образований в научной литературе.

Учитывая новые реалии, современный Ереван должен стать динамично и равномерно развивающимся городом, где максимально эффективным и оптимальным образом будут взаимосвязаны практически все элементы сложных систем. В городе должны быть оптимизированы расстояния между различными точками, затраты времени, финансов, и других ресурсов.

Труднодоступность и нехватка организаций здравоохранения и общего образования приводят к множеству проблем (напр., многие дети не получают начальное образование), которые в конечном итоге ухудшают качество городской жизни. А в случае дошкольного образования неплатежеспособность семьи приводит либо к временному отказу от работы одного из родителей, либо к отказу от идеи пополнения семьи. В первом случае финансовое состояние семьи ухудшится, что приведет к повышению социальной нагрузки на семью (несмотря на выделяемые государством пособия). После возвращения родителя на рынок труда возникает необходимость в переподготовке, которая, как правило, платная. А во втором случае возникают серьезные угрозы демографической безопасности всего государства. Таким образом, выявляется и заинтересованность государства в решении данной проблемы, которого необходимо также взаимосвязать с мобильностью го-

родского хозяйства, что обуславливает и параметры оптимального распределения объектов.

Предположим:

j – количество административных районов Еревана, где планируется строительство объектов дошкольного образования ($j=1,12$);

i – необходимые объекты дошкольного образования ($i=1, 2, \dots, N$);

h – регионы, где необходимо построить объект дошкольного образования ($h=1, 2, \dots, N$).

Количество необходимых объектов дошкольного образования будет равняться:

$$N_j(S, M, P) = \left\lceil \frac{(S_j - M_j \cdot \pi R^2) \cdot P_j}{K_h} \right\rceil \quad (1.1)$$

N_j – необходимое количество новых объектов дошкольного образования в j -ом районе города;

S_j – площадь j -го района (кв. км);

M_j – фактическое количество объектов дошкольного образования в j -ом районе;

R – радиус охвата одного объекта дошкольного образования ($R=0,4$ км (европейский стандарт)) [1];

P_j – плотность населения в j -ом районе (чел./кв. км);

K_h – численность населения, которые должны проживать в h -ом регионе с охватом в R км, чтобы в регионе был построен объект дошкольного образования (минимальное количество детей, для которых целесообразно построить объект дошкольного образования – 56, следовательно, в случае Еревана $K=1800$ чел. (31 детей на 1000 чел.)).

Решение задачи можно представить в виде целого ряда линейных программ с Булевыми переменными. Обозначим:

$$X_{ih} = \begin{cases} 1, & \text{если осуществляется строительство } i \text{ - го объекта в } h \text{ - ом регионе} \\ 0, & \text{строительство не осуществляется} \end{cases}^*$$

где: $i=1, 2, \dots, N$;

$h=1, 2, \dots, N$.

X_{ih} - коэффициент назначения.

Математическая модель задачи будет следующего вида:

Найти $X = (x_{ih})_{N \times N}$ матрицу N -го класса так, чтобы дистанция посещения (Z) была минимальной (минимизировалась):

* В тех случаях, когда строительство не осуществляется или увеличение мощностей действующих объектов невозможно, городская администрация будет субсидировать оплату за обучение детей в частных организациях региона в размере 58 000 драмов (стоимость строительства и эксплуатации (~40 лет) модульного здания организации дошкольного образования на одного учащегося за 1 месяц). Обязательным условием выделения будет отсутствие в радиусе 0,4 км от постоянного места жительства семьи организации дошкольного образования городского подчинения или отсутствие свободных мест при наличии объектов и невозможности дополнения новых мест. Родители представят справки о постоянном месте жительства и от частной организации (которая находится в радиусе 0,4 км от постоянного места жительства) о том, что ребенок посещает именно данную организацию. Городская администрация определит соответствие или несоответствие вышеуказанным требованиям и в случае положительного исхода переведет деньги на счет частной организации.

$$Z = \sum_{i=1}^N \sum_{h=1}^N C_{ih} X_{ih} \rightarrow \min, \quad (1.2)$$

C_{ih} - средняя дистанция посещения i -го объекта в h -ом регионе.

И удовлетворились следующие условия:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N X_{ih} = 1, h = 1, 2, \dots, N \text{ (} h \text{ – ом регионе должен построиться только один из объектов);} \\ \sum_{h=1}^N X_{ih} = 1, i = 1, 2, \dots, N \text{ (} i \text{ – ый объект должен построиться только в одном из регионов);} \\ X_{ih} \in [0,1], \quad i, h = 1, 2, \dots, N. \end{cases}$$

Как видно, представленное – задача линейного планирования канонического вида и может быть решена с помощью алгоритма симплекс. Простой вид ограничений задачи дает возможность ее решить и более простыми методами (венгерский метод, “жадный” алгоритм, метод потенциалов).

Таким образом, решается вопрос размещения объектов, а не их размеров. Размер каждого объекта будет зависеть от численности населения, проживающих в радиусе R .

Задачи распределения объектов школьного образования и поликлиник тоже решаются аналогичным образом, однако возникают и специфические особенности ($R_{\text{школа}}=0,5$ км, $R_{\text{поликлиника}}=1$ км).

В случае задачи распределения объектов школьного образования, кроме вышеотмеченного необходимо обратить внимание на нормативное количество учеников в классе (влияет на размеры школы), количество учителей (влияет на особенности формирования персонала и учебных планов) и др.).

Учитывая современные требования к школьному образованию, оптимальным количеством учеников в одном классе считается ~20 учеников (строго соблюдается, например, в городах скандинавских стран, в Сингапуре и в др. “умных” городах) [2]. В школах городского подчинения Еревана учатся около 100 830 школьников (около 9.2% от всего населения).

В случае организаций здравоохранения, кроме повышения доступности услуг необходимо улучшить состояние действующих организаций и систем их управления. В частности, к электронным системам медицинских карт и очередей следует добавить и услугу телемедицины, которая позволит получить гражданам, например, консультацию без посещения организации здравоохранения. По обеспечению кибербезопасности уже действующей системы необходимо и активное участие государств (Арцахская 44-дневная война показала уязвимость многих систем). Учитывая стратегическую важность данного направления, необходимо также нарастить мощности действующих

организаций и увеличить количество предоставляемых услуг.

Следует также обратить внимание и на развитие узкоспециализированных организаций здравоохранения, которые создадут дополнительные условия снижения нагрузки больниц и частных клиник (можно и рассмотреть варианты коммерциализации услуг таких организаций).

Как в предыдущих случаях, правильную геолокацию и размеры организаций здравоохранения возможно определить только при наличии трехмерной изохронной карты.

Для решения проблем транспортной инфраструктуры Еревана в первую очередь необходимо обратить внимание на уровень автомобилизации населения (287 автомоб. на 1 000 чел.) и плотность улично-дорожной сети (4.24 км/кв. км). Очевидно, что для стратегического и устойчивого повышения эффективности транспортной инфраструктуры необходимы комплексные меры по адекватному увеличению плотности улично-дорожной сети, снижению уровня автомобилизации населения и популяризации альтернативных средств передвижения (исходя из стратегического видения).

С этой точки зрения целесообразно перераспределение основных человеческих потоков на альтернативные виды перемещения (канатная дорога, метро, фуникулер, зиплайн и др.). Данные мероприятия необходимо провести параллельно с ограничением въезда частных автомобилей в центр города и добавлением там велодорожек (будет служить как велосипедам, так и сегвеям, электросамокатам). Новая модель должна обеспечить максимальное количество перемещаемых пассажиров при минимальных затратах:

1. финансов:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 C_{ijk} X_{ijk} &\rightarrow \min \\ \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^5 X_{ijk} &= a_i \end{aligned}$$

$$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^5 X_{ijk} = b_j$$

$$X_{ij} = 0, \text{ когда } i = j$$

$$X_{ijk} \geq 0$$

$$C_{ijk} > 0$$

C_{ijk} – стоимость транспортировки 1 человека k -ым видом транспортного средства из точки i в точку j ;

X_{ijk} – численность пассажиров перевезенных k -ым транспортным средством из точки i в точку j ;

a_i – численность пассажиров, желающих выехать из точки i ;

b_j – численность пассажиров, желающих выехать из точки i в точку j .

2. времени:

$$\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 t_{ijk} X_{ijk} \rightarrow \min$$

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^5 X_{ijk} = a_i$$

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^5 X_{ijk} = b_j$$

$$X_{ijk} \geq 0$$

$$X_{ijk} \leq I_k, k=1, 2, 3, \dots, n$$

X_{ijk} – численность пассажиров перевезенных k -ым транспортным средством из точки i в точку j ;

t_{ijk} – время транспортировки k -ым транспортным средством из точки i в точку j ;

I_k – средняя пропускная способность k -ого транспортного средства в 1 час;

a_i – численность пассажиров, желающих выехать из точки i ;

b_j – численность пассажиров, желающих выехать из точки i в точку j ;

X_{ijk} – численность пассажиров перевезенных k -ым транспортным средством из точки i в точку j .
 Определение точной численности пассажиров (особенно b_j) на данный момент практически очень сложно. Однако с внедрением системы GPS, электронной системы оплаты и регулирования входа/выхода пассажиров можно будет получить конкретные данные о всех

пассажиropотоках и определить оптимальную модель перемещения населения по нагруженным точкам города.

Экология города (кроме вышеперечисленного) зависит и от системы сбора и транспортировки твердых бытовых отходов. В этой сфере предлагается расчет количества мусорных контейнеров, который будет зависеть от численности населения города:

$$N_j = \frac{C \times P_{ij}}{m \times K} \quad (1.3)$$

N_j – количество мусорных контейнеров в j -ом районе;

C – среднеедневной объем образования мусора на 1 человека (для Еревана $C=0,8$ кг/чел.);

P_{ij} – численность населения в i -ом регионе с радиусом охвата R j -го района ($R=35,7$ м (европейский стандарт)) [3];

m – вместимость 1 контейнера (у контейнеров Еревана $m=440$ кг);

K – коэффициент наполненности контейнера ($K=0,5$).

Для Еревана $\sum_{n=1}^{12} N_j = 3970$ контейнера. Этим решается задача сбора твердых бытовых отходов, остальные виды мусора не учтены, т. к. их сбор контейнерами не осуществляется.

Для снижения нагрузки транспортной системы мусоровозы будут работать в малонагруженные часы (22:00-05:00 (длительность рабочего дня – 7 часов)). Необходимое количество мусоровозов в данном случае будет равно:

$$N_{\text{мусоровоз}} = \frac{t \times \sum_{n=1}^{12} N_j}{T \times \bar{N}} \quad (1.4)$$

$N_{\text{мусоровоз}}$ – необходимое количество мусоровозов;

t – время сбора и транспортировки мусора одним мусоровозом ($t = \bar{N}(t_1+t_2)+t_3+t_4$, t_1 – время приближения мусоровоза к контейнеру ($t_1 \approx 3$ м), t_2 – время выгрузки 1 контейнера ($t_2 \approx 1,5$ м), t_3 – время поездки мусоровоза в свалку и обратно (для Еревана $\bar{t}_3 \approx 32$ м), t_4 – время выгрузки мусоровоза ($t_4 \approx 4$ м));

T – продолжительность рабочего дня (часов, $T=7$ ч= 420 м);

$$\bar{N} - \text{количество контейнеров, обслуживаемых 1 машиной при 1 поездке } (\bar{N} = \frac{\text{Грузоподъемность мусоровоза}}{m \times K} = \frac{10\,000}{440 \times 0.5} = 46 \text{ (ед.)});$$

Исходя из приведенных значений, для организации сбора и транспортировки твердых бытовых отходов необходимо:

$$N_{\text{мусоровоз}} = \frac{t \times \sum_{n=1}^{12} N_j}{T \times \bar{N}} = \frac{243 \times 3\,970}{420 \times 46} = 50 \text{ (ед. мусоровоза)}$$

После определения приблизительного количества мусоровозов и мусорных

контейнеров необходимо также оптимизировать маршрут транспортировки мусора (оптимизируется время и расход топлива).

Представление задачи. Мусоровоз должен собрать мусор со всех предусмотренных контейнеров, которые присоединены друг с другом дорогой, протяженность которой известна (возможно определить при установлении датчиков и создания изохронной карты). Мусоровоз должен собрать мусор со всех 46 контейнеров и отвезти в свалку. Необходимо решить, по какой последовательности должен мусоровоз подъехать к контейнерам, чтобы преодоленная суммарная дорога была минимальной (затраты

времени и топлива минимизировались). Пронумеруем контейнеры и мусорную свалку натуральными числами (1, 2, ..., n) и предположим, что мусоровоз находится в точке 1 (с целью не нарушения общности). А дистанцию от i-го до j-ый контейнер обозначим d_{ij} . $1, i_1, i_2, \dots, i_{n-1}, 1$ – протяженность дороги будет равна:

$$d_{1i_1} + d_{i_1i_2} + \dots + d_{i_{n-1}1}$$

Математическая модель задачи. Из набора натуральных чисел $\{1, 2, \dots, n\}$ требуется выбрать такое подмножество $\{i_1, i_2, \dots, i_{n-1}\}$, чтобы длина дороги Z была минимальной:

$$Z = d_{1i_1} + d_{i_1i_2} + \dots + d_{i_{n-1}1} \rightarrow \min$$

$$D_{n \times n} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{1i_1} & d_{1i_2} & \dots & d_{1i_{n-1}} \\ d_{i_11} & d_{i_1i_1} & d_{i_1i_2} & \dots & d_{i_1i_{n-1}} \\ d_{i_21} & d_{i_2i_1} & d_{i_2i_2} & \dots & d_{i_2i_{n-1}} \\ d_{i_31} & d_{i_3i_1} & d_{i_3i_2} & \dots & d_{i_3i_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{i_{n-1}1} & d_{i_{n-1}i_1} & d_{i_{n-1}i_2} & \dots & d_{i_{n-1}i_{n-1}} \end{pmatrix}$$

$$d_{ii} = 0$$

Из каждой строки и столбца матрицы D по одному выбирается элемент таким образом, чтобы составленная дорога из этих элементов ни при каком шаге не стала циклом (кроме последнего шага). Диагональные элементы не включаются и в результате сумма элементов становится минимальной.

Задача принадлежит классу NP, по причине чего, до сих пор не известен эффективный алгоритм ее решения. Тем не менее предлагается применить “жадный” алгоритм, метод ветвей и границ.

“Жадный” алгоритм. На каждом шагу мусоровоз должен подъехать к тому контейнеру, у которой он не был. От последнего контейнера мусоровоз должен отправиться в пункт 1 (мусорная свалка).

Метод ветвей и границ. Сначала определяются несколько допустимые маршруты, после чего множество остальных маршрутов распадается на более малые подмножества. На каждом шаге рассчитывается внутренняя граница длины наилучшего текущего маршрута. С помощью рассчитанных границ осуществляется дальнейшее разделение подмножеств допустимых маршрутов и определяется наилучший маршрут.

Как уже было представлено, решение предлагаемых задач и проектов требует в первую очередь сбора больших данных, что

возможно исключительно при использовании современных информационных технологий. Это создаст благоприятные условия для дальнейшего стратегического развития города и цифровизации управленческих процессов. Полученные данные позволят решить такие острые проблемы, как:

- распределение и оптимизация количества и затрат посещения образовательных и здравоохранительных организаций;
- оптимизация времени и затрат перемещения населения на важных транспортных узлах города;
- разработка общей модели передвижения населения на территории Еревана;
- оптимизация затрат вывоза твердых и бытовых отходов г. Еревана;
- разработка эффективной модели снижения выбросов в природную среду и т. д.

Получаемые данные позволят выявить целевые группы проведения программ по стимулированию сортировки твердых бытовых отходов или их выброса в правильном месте. Все это приведет к улучшению экосистемы Еревана и позволит вернуть ему свою инвестиционную привлекательность.

Перечень использованной литературы

1. The European Committee for Electro technical Standardization.
(<https://www.cenelec.eu/standards/DefEN/Pages/default.aspx>).
2. American Planning Association. Planning for School Capacities and Locations.
(<https://www.planning.org/pas/reports/report36.htm>).
3. The European Committee of Standardization -
(<https://www.cen.eu/work/products/ENs/Pages/default.aspx>).

Сдана/Συμπεράσειται է 19.08.2021

Рецензирована/Գրախոսվել է 24.08.2021

Принята/Ընդունվել է 28.08.2021