

*Шведенко Валерия Валериевна*<sup>1</sup>,  
генеральный директор, канд. экон. наук;  
*Шведенко Пётр Владимирович*<sup>2</sup>,  
главный инженер по разработке

## ПОЛИСТРУКТУРНОЕ ОПИСАНИЕ УМНОГО ПРОСТРАНСТВА ТЕРРИТОРИИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<sup>1</sup> Россия, Санкт-Петербург, ООО «Т-ИННОВАТИК»,  
t.innovatik.spb@gmail.com;

<sup>2</sup> Россия, Санкт-Петербург, ПАО «Сбербанк», pitk1@mail.ru

*Аннотация.* В работе дана схема представления умного пространства территории муниципального образования как полиструктурной кибер-физической системы систем. Показаны ее составные элементы и их структура, а также приведен перечень баз данных, обеспечивающих информационное наполнение необходимыми данными. Дано описание структуры данных об объектах, интегрированных в умное пространство. Приведена последовательность действий формирования умного пространства территории муниципального образования.

*Ключевые слова:* умное пространство, умная территория, кибер-физическая система, система систем, полиструктурная система, дерево целей.

*Valeria V. Shvedenko*<sup>1</sup>,  
General Director, Candidate of Economic Sciences;  
*Peter V. Shvedenko*<sup>2</sup>,  
Chief Development Engineer

## POLYSTRUCTURAL DESCRIPTION OF THE SMART SPACE OF THE TERRITORY OF A MUNICIPALITY

<sup>1</sup> T-INNOVATIC LLC, St. Petersburg, Russia, t.innovatik.spb@gmail.com;

<sup>2</sup> PJSC Sberbank, St. Petersburg, Russia, pitk1@mail.ru

*Abstract.* The paper presents a scheme of representation of the smart space of the territory of a municipal formation as a polystructural cyber-physical system of systems. Its constituent elements and their structure are shown, and the list of databases providing information filling with necessary data is given. The description of the structure of data on objects integrated into the smart space is given. The sequence of actions of formation of the smart space of the territory of the municipal formation is given.

*Keywords:* smart space, smart territory, cyber-physical system, system of systems, polystructural system, goal tree.

## **Введение**

В соответствии с парадигмой ускорения процессов социально-экономического и инновационного развития Российской Федерации, изложенных в нормативно-правовых документах на среднесрочную и долгосрочную перспективы, а также необходимостью совершенствования механизмов их управления, одним из перспективных направлений может стать подготовка теоретической, методологической, информационной, инструментальной и иных платформ создания «умных пространств» [1] муниципальных образований.

Под «умными пространствами» принято понимать кибер-физические системы систем, в том числе: «умное производство», «умный дом», «умный город», «умная территория» [2, 3].

В данной статье «умное пространство» рассматривается как кибер-физическая система систем управления территорией, ограниченного рамками отдельно взятого муниципального образования.

## **Описание элементов умного пространства муниципального образования**

В качестве составных элементов полиструктурной системы умного пространства муниципального образования (далее также – PS\_SmSp) рассмотрим три взаимодействующие системы:

- Система 1:  $S_1$  – «Творческий и интеллектуальный потенциал человека»;
- Система 2:  $S_2$  – «Экономический потенциал территории (как ресурс)»;
- Система 3:  $S_3$  – «Окружение (территория и объекты, расположенные на ней)».

Система 1 развивается в системе 3 и усиливает систему 2. Система 2 под воздействием системы 1 преобразует систему 3. Система 3, меняясь под воздействием системы 2 повышает благоприятные условия развития и совершенствования системы 1.

Данные системы имеют равнозначную степень влияния друг на друга и однонаправленный потенциал, что обуславливает необходимость рассматривать их триединство в качестве основы формируемого дерева целей умного пространства (см. рис. 1). Каждая из них может быть представлена в виде полиструктуры.

Рассмотрим совокупность элементов перечисленных выше систем, полагая, что в дальнейшем количество включенных в нее элементов может быть дополнено новыми, а структура данных каждого из них – более детализирована.

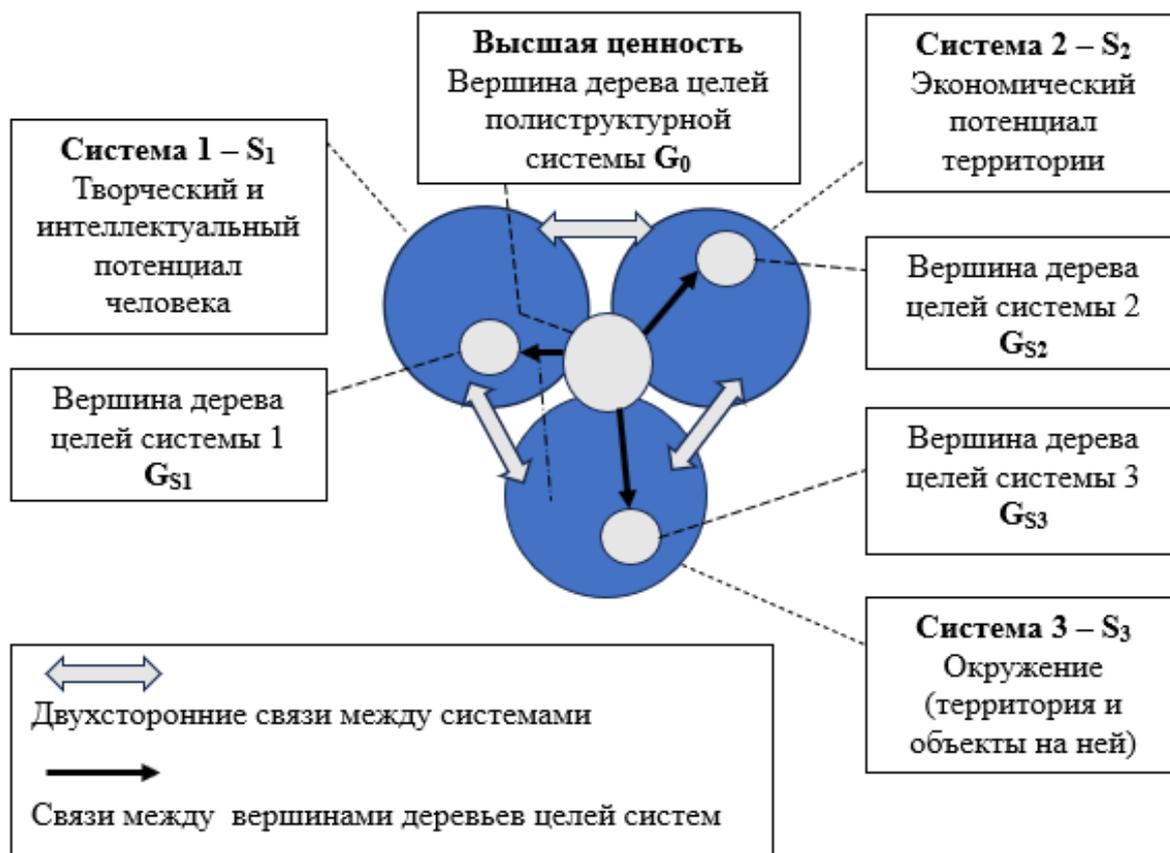


Рис. 1. Полиструктурная система умного пространства развития территории

Элементы системы 1 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Элементы системы  $S_1$

Аббревиатура	Название элементов (подсистем)
$S_{1-1}$	Повышение уровня знаний и расширение кругозора
$S_{1-2}$	Приобретение профессиональных компетенций, навыков и умений
$S_{1-3}$	Развитие творческих навыков и умений
$S_{1-4}$	Укрепление уровня материального достатка
$S_{1-5}$	Укрепление семейных ценностей
$S_{1-6}$	Укрепление нравственных ценностей
$S_{1-7}$	Укрепление здоровья, поддержания физической формы и энергичности
$S_{1-8}$	Использование накопленного творческого и интеллектуального потенциала на достижение целей, ускоряющих развитие территории

$$S_1 = \{S_{1-1}, S_{1-2}, S_{1-3}, S_{1-4}, S_{1-5}, S_{1-6}, S_{1-7}, S_{1-8}\}.$$

Формируемые базы данных (далее также – BD) системы 1 о жителях территории отражены в табл. 2.

Таблица 2

Перечень баз данных, поддерживающих систему S<sub>1</sub>

Аббревиатура	Название базы данных
BD <sub>1-1</sub>	Общие сведения (фамилия, имя, отчество, национальность, дата рождения, место рождения, номер свидетельства о рождении, дата смерти, номер свидетельства о смерти)
BD <sub>1-2</sub>	Сведения о составе семьи (мать, отец, братья, сестры, жены/мужья, дети)
BD <sub>1-3</sub>	Сведения о родственных связях (родовое дерево)
BD <sub>1-4</sub>	История принадлежности к контактным группам
BD <sub>1-5</sub>	История мест проживания
BD <sub>1-6</sub>	История получения и качество образования
BD <sub>1-7</sub>	История и качество профессиональной деятельности
BD <sub>1-8</sub>	История и качество предпринимательской деятельности
BD <sub>1-9</sub>	История и качество увлечений (спорт, кружки, клубы, хобби и т. д.)
BD <sub>1-10</sub>	История достижений, награды
BD <sub>1-11</sub>	История и качество выполнения гражданского долга
BD <sub>1-12</sub>	История и качество участия в делах развития территории
BD <sub>1-13</sub>	История и качество конфликта интересов
BD <sub>1-14</sub>	Религиозные и нравственные убеждения, психологический портрет
BD <sub>1-15</sub>	Права собственности на объекты, расположенные на территории и качество их использования
BD <sub>1-16</sub>	Сведения о социальной защищенности, уровне материального достатка, жилищных проблемах и т. д.

$$BD-S_1 = \{BD_{1-1}, BD_{1-2}, BD_{1-3}, BD_{1-4}, BD_{1-5}, BD_{1-6}, BD_{1-7}, BD_{1-8}, BD_{1-9}, BD_{1-10}, BD_{1-11}, BD_{1-12}, BD_{1-13}, BD_{1-14}, BD_{1-15}, BD_{1-16}\}.$$

Элементы системы 2 представлены в табл. 3.

Таблица 3

Элементы системы S<sub>2</sub>

Аббревиатура	Название элементов (подсистем)
1	2
S <sub>2-1</sub>	Повышение уровня инфраструктурной обеспеченности (энергия, вода, связь, транспортные коммуникации, защита)
S <sub>2-2</sub>	Повышение уровня ресурсной обеспеченности (материалы, комплектующие и т. д. в надлежащий срок, должного объема и качества, по конкурентным ценам)
S <sub>2-3</sub>	Повышение уровня технологической и технической обеспеченности (возможность приобретения и модернизации оборудования, инструмента, оснастки, технологий, др. основных фондов и т. д. на экономически оправданных условиях)
S <sub>2-4</sub>	Повышение уровня квалификации работников в соответствии с имеющимися требованиями и открывающимися перспективами)

1	2
S <sub>2-5</sub>	Повышение уровня сбыта производимой продукции на экономически выгодных условиях
S <sub>2-6</sub>	Повышение эффективности использования имеющихся природных ресурсов территории (полезных ископаемых, лесных ресурсов, водных ресурсов и т. д.)
S <sub>2-7</sub>	Повышение эффективности использования земель территории (повышение уровня освоенности)
S <sub>2-8</sub>	Снижение уровня экологического воздействия на территорию (загрязнения атмосферы, водоемов, расширения мест захоронения отходов, истощения почв, и т. д.)
S <sub>2-9</sub>	Повышение уровня производимого внутреннего регионального продукта и увеличения доли финансовых средств, направляемых в бюджет

$$S_2 = \{S_{2-1}, S_{2-2}, S_{2-3}, S_{2-4}, S_{2-5}, S_{2-6}, S_{2-7}, S_{2-8}\}.$$

Формируемые базы данных системы 2 об объектах и субъектах экономической деятельности отражены в табл. 4.

Таблица 4

**Перечень баз данных, поддерживающих систему S<sub>2</sub>**

Аббревиатура	Название базы данных
BD <sub>2-1</sub>	Общие сведения об организациях, предприятиях, учреждениях
BD <sub>2-2</sub>	Общие сведения о субъектах предпринимательской деятельности
BD <sub>2-3</sub>	Отраслевая специфика, материально-техническая и ресурсная база, трудовые ресурсы, виды и объемы производимой продукции, рынки сбыта и т. д. по каждому субъекту экономической деятельности
BD <sub>2-4</sub>	Вклад субъектов экономической деятельности в развитие территории и увеличение доли финансовых средств, направляемых в бюджет
BD <sub>2-5</sub>	Экологические и иные издержки субъектов экономической деятельности, ухудшающие параметры оценки состояния территории
BD <sub>2-6</sub>	Условия труда и уровень заработных плат работников субъектов экономической деятельности
BD <sub>2-7</sub>	Потребности, необходимые для модернизации материально-технической базы субъектов экономической деятельности, а также развития новых производств и обслуживающей инфраструктуры

$$BD-S_2 = \{BD_{2-1}, BD_{2-2}, BD_{2-3}, BD_{2-4}, BD_{2-5}, BD_{2-6}, BD_{2-7}\}.$$

Элементы системы 3 представлены в табл. 5.

Перечень баз данных, поддерживающих систему S<sub>3</sub>

Аббревиатура	Название элементов (подсистем)
1	2
S <sub>3-1</sub>	Повышение качественных характеристик атмосферы
S <sub>3-2</sub>	Повышение качественных характеристик водных ресурсов
S <sub>3-3</sub>	Повышение качественных характеристик лесных ресурсов
S <sub>3-4</sub>	Повышение качественных характеристик почвы
S <sub>3-5</sub>	Повышение качества защиты территории от природных катаклизмов
S <sub>3-6</sub>	Повышение качества защиты территории от техногенных катастроф
S <sub>3-7</sub>	Повышение качественных характеристик внешнего окружения (отсутствие мусора, разрушенных строений и сооружений, шлаков и других промышленных отходов, заболачивания почв, рек, озер, наличие заброшенных пустырей, обилие сорных трав, сухостоя, обшарпанных стен строений и т. д.)
S <sub>3-8</sub>	Повышение качественных характеристик дорожного покрытия, мостовых сооружений, паромных переправ, причалов и т. д.;
S <sub>3-9</sub>	Повышение качественных характеристик дорожного, внутриквартального и придомового освещения
S <sub>3-10</sub>	Повышение качественных характеристик оформления общественных пространств
S <sub>3-11</sub>	Повышение качественных характеристик оформления рекреационных зон отдыха
S <sub>3-12</sub>	Повышение качественных характеристик оформления придомовых территорий
S <sub>3-13</sub>	Повышение качественных характеристик оформления территорий социальных объектов (детские сады, школы, поликлиники, больницы, клубы, др.)
S <sub>3-14</sub>	Повышение качественных характеристик объектов транспортной инфраструктуры (состояние объектов придорожного сервиса, логистических центров, автопарков, вокзалов, др.)
S <sub>3-15</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик объектов социальной инфраструктуры (количество и состояние зданий детских садов, школ, больниц, поликлиник, клубов, библиотек, др.)
S <sub>3-16</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик объектов инфраструктуры торговли и обслуживания граждан (количество и состояние зданий магазинов, почтовых отделений, учреждений бытового обслуживания, столовых, кафе, ресторанов, др.)
S <sub>3-17</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик объектов промышленной инфраструктуры (количество и состояние зданий и сооружений промышленных объектов, оборудование, технологические линии, санитарно-защитные зоны, очистные сооружения и др.)

1	2
S <sub>3-18</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик объектов коммунальной инфраструктуры (количество и состояние объектов, санитарно-защитные зоны, очистные сооружения и др.)
S <sub>3-19</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик жилых кварталов и частного сектора (количество и состояние объектов, обеспеченность жилищно-коммунальными услугами, и др.)
S <sub>3-20</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик земельных участков, подготовленных под жилищное строительство
S <sub>3-21</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик земельных участков, подготовленных под строительство объектов социального назначения
S <sub>3-22</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик земельных участков, подготовленных под промышленное строительство
S <sub>3-23</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик земельных участков, подготовленных под строительство объектов сельскохозяйственного назначения
S <sub>3-24</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик земельных участков, подготовленных под строительство объектов дорожной инфраструктуры, инфраструктуры связи, энергетики и др.;
S <sub>3-25</sub>	Повышение количественных и качественных характеристик земельных участков, подготовленных под обустройство рекреационных зон отдыха, объектов туристической инфраструктуры, и др.;
S <sub>3-26</sub>	Повышение качественных характеристик уровня общественной безопасности и правопорядка на территории

$$S_3 = \{ S_{3-1}, S_{3-2}, S_{3-3}, S_{3-4}, S_{3-5}, S_{3-6}, S_{3-7}, S_{3-8}, S_{3-9}, S_{3-10}, S_{3-11}, S_{3-12}, S_{3-13}, S_{3-14}, S_{3-15}, S_{3-16}, S_{3-17}, S_{3-18}, S_{3-19}, S_{3-20}, S_{3-21}, S_{3-22}, S_{3-23}, S_{3-24}, S_{3-25}, S_{3-26} \}$$

Формируемые базы данных системы 3 о характеристиках территории и размещенных на ней объектов отражены в табл. 6.

Таблица 6

**Перечень баз данных, поддерживающих систему S<sub>3</sub>**

Аббревиатура	Название базы данных
1	2
BD <sub>3-1</sub>	Кадастр земельных участков и отнесение их к землям разных категорий
BD <sub>3-2</sub>	Рельеф местности с привязкой к кадастру земельных участков
BD <sub>3-3</sub>	Геологическое строение с привязкой к кадастру земельных участков
BD <sub>3-4</sub>	Водные ресурсы и их характеристика
BD <sub>3-5</sub>	Лесные ресурсы и их характеристика
BD <sub>3-6</sub>	Полезные ископаемые, их характеристика и степень освоения
BD <sub>3-7</sub>	Охотничьи угодья и их характеристика
BD <sub>3-8</sub>	Земли сельскохозяйственного назначения (пашни, луга и др.) с привязкой к кадастру земельных участков и их характеристика

1	2
BD <sub>3-9</sub>	Земли рекреационных зон и их характеристики
BD <sub>3-10</sub>	Земли промышленных зон и их характеристики
BD <sub>3-11</sub>	Земли зон специального назначения и их характеристики
BD <sub>3-12</sub>	Земли особо охраняемых территорий и их характеристики
BD <sub>3-13</sub>	Земли населенных пунктов и их особенности
BD <sub>3-14</sub>	Климатические особенности территории
BD <sub>3-15</sub>	Агроклиматические особенности территории, перечень перспективных сельскохозяйственных культур, видов животноводства и др.
BD <sub>3-16</sub>	Объекты транспортной инфраструктуры
BD <sub>3-17</sub>	Объекты инфраструктуры связи
BD <sub>3-18</sub>	Объекты инфраструктуры энергоснабжения
BD <sub>3-19</sub>	Объекты инфраструктуры водоснабжения и водоподготовки
BD <sub>3-20</sub>	Объекты инфраструктуры водоотведения и очистки
BD <sub>3-21</sub>	Объекты инфраструктуры теплоснабжения
BD <sub>3-22</sub>	Объекты инфраструктуры санитарной очистки территории и утилизации промышленных и коммунальных отходов
BD <sub>3-23</sub>	Объекты инженерной инфраструктуры (гидросооружения, плотины, волнорезы и др.)
BD <sub>3-24</sub>	Объекты жилых застроек (типы, количество, архитектурные особенности, состояние объектов, др.)
BD <sub>3-25</sub>	Объекты социального назначения (наименование, количество, места расположения, емкость, состояние, др.)
BD <sub>3-26</sub>	Объекты торговли, услуг, общественного питания (наименование, количество, места расположения, емкость, состояние, др.)
BD <sub>3-27</sub>	Объекты промышленного назначения (наименование, количество, места расположения, количество рабочих мест, продукция, основное сырье, рынки сбыта, состояние, др.)
BD <sub>3-28</sub>	Объекты сельскохозяйственного назначения (наименование, количество, места расположения, количество рабочих мест, продукция, основное сырье, рынки сбыта, состояние, др.)
BD <sub>3-29</sub>	Объекты специального назначения (наименование, количество, места расположения, количество рабочих мест, продукция, основное сырье, рынки сбыта, состояние, др.)
BD <sub>3-30</sub>	Демографические характеристики проживающего на территории населения
BD <sub>3-31</sub>	Характеристики распределения трудового потенциала территории
BD <sub>3-32</sub>	Транспортная доступность и характеристики пассажирских перевозок
BD <sub>3-33</sub>	Транспортная доступность и характеристики грузовых перевозок
BD <sub>3-34</sub>	Продовольственная обеспеченность населения территории
BD <sub>3-35</sub>	Уровень общественной безопасности и правопорядка на территории
BD <sub>3-36</sub>	Интернет, связь и др.;
BD <sub>3-n</sub>	Другие базы данных

$$BD-S_3 = \{BD_{3-1}, BD_{3-2}, BD_{3-3}, BD_{3-4}, BD_{3-5}, BD_{3-6}, BD_{3-7}, BD_{3-8}, BD_{3-9}, BD_{3-10}, BD_{3-11}, BD_{3-12}, BD_{3-13}, BD_{3-14}, BD_{3-15}, BD_{3-16}, BD_{3-17}, BD_{3-18}, BD_{3-19}, BD_{3-20}, BD_{3-21}, BD_{3-22}, BD_{3-23}, BD_{3-24}, BD_{3-25}, BD_{3-26}, BD_{3-27}, BD_{3-28}, BD_{3-29}, BD_{3-30}, BD_{3-31}, BD_{3-32}, BD_{3-33}, BD_{3-34}, BD_{3-35}, BD_{3-36}, BD_{3-...}, BD_{3-n}\}.$$

Каждая из перечисленных выше баз данных имеет сложную структуру, построенную на основе кластеризации рассматриваемых объектов и уровня их детализации, перечня рассматриваемых свойств объектов, показателей измерения изменений свойств объектов, данных, включая динамику изменения их значений во времени и причин их возникновения.

Каждая из рассмотренных выше систем может обращаться к одной или более базам данных. Информация, хранимая в базах данных, может иметь картографический, текстовый, символьный, либо какой-либо иной формат.

Объекты, включенные в систему умного пространства территории, содержат данные, представленные в табл. 7. Объекты объединяются в группы, по принадлежности к той или иной системе, входящих в состав системы систем, а также по ролевому назначению, которое они в этих системах выполняют.

Таблица 7

**Перечень сведений об объекте, включенном в состав умного пространства**

№	Содержащаяся информация об объекте
1	Пространственно-временные координаты объекта
2	Цифровой паспорт объекта, в котором перечислены: функциональное назначение объекта; место и роль объекта в системе; имущественная принадлежность объекта; технико-экономические характеристики; дата введения объекта в эксплуатацию; балансовая и остаточная стоимость; перечень процессов и этапов процессов, в которых объект задействован; рассматриваемые свойства объекта; показатели, измеряющие изменение их значений; кибер-физические устройства, осуществляющие учет изменений и передающие сигнал на внесение изменений в процесс; данные об изменении характеристик объекта во времени; перечень баз данных, куда передается информация об объекте
3	Связь объекта с листом дерева целей системы, в состав которой он входит
4	Субъекты процессов, в которых объект задействован
5	Ресурсная обеспеченность функциональности объекта

Формирование умного пространства территории муниципального образования сопряжено с выполнением комплекса поэтапно распределенных работ, в числе которых:

1) построение цифровых профилей территории – ее картографических слоев, привязанных к единым пространственным координатам и масштабам;

2) формирование цифровых паспортов и цифровых моделей материальных объектов, расположенных на территории на основе использования единого структурного представления (а в дальнейшем, возможно,

стандарта) в топологии информационного пространства цифровой модели территории;

3) привязка материальных объектов к цифровым профилям территории, встраивание их в систему единых пространственных координат и масштабов отражения данных;

4) кластеризация объектов (их цифровых паспортов и моделей) по принадлежности их к системам, входящим в систему систем управления умным пространством территории;

5) построение PS\_SmSp и определение входящих в него элементов;

6) построение структурной модели каждого из элементов PS\_SmSp (объекты, свойства объектов, показатели измерения изменения значений свойств объектов);

7) построение дерева целей PS\_SmSp;

8) построение структурной модели PS\_SmSp, в том числе описание ее полиметрической системы, источников данных, регламентов поставки и маршрутизации данных, центров принятия решений и их зонирования по уровню выполняемых функций;

9) построение цифровой модели, цифровой тени и цифрового двойника PS\_SmSp;

10) построение деревьев целей элементов PS\_SmSp;

11) построение цифровой модели, цифровой тени и цифрового двойника элементов PS\_SmSp, в том числе: установление источников получаемых данных, описание бизнес-процессов передачи и генерации данных, построение метрической системы показателей и привязки их листьям деревьев целей;

12) согласование значений листьев деревьев целей PS\_SmSp и ее элементов;

13) организация системы мониторинга и управления PS\_SmSp.

Это может стать фрактальной структурой для представления ее на более высоком уровне иерархии или ее отражения по горизонтальной плоскости применительно к другим муниципальным образованиям. Такой подход может привести к созданию в дальнейшем эталонного решения в виде некоего стандарта.

### **Заключение**

Представленное исследование показало, что муниципальное образование может быть рассмотрено с системных позиций как полиструктурная система. Показан пример трех взаимодействующих систем, направленных на развитие территории муниципального образования, их структура и информационное наполнение.

### **Список литературы**

1. Шведенко В. В. Полиструктурное моделирование сложных систем для их эффективного взаимодействия // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. трудов XXVII Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербургский политехн. ун-т Петра Великого, 13–14 октября 2023 г.: в 2-х частях. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – Ч. 2. – С. 185–192.
2. Kim M. J., Jun H. J. Intelligence sensors and sensing spaces for smart home and environment // *Sensors*. – 2022. – Vol. 22(8). – P. 2898.
3. Komninos N., Kakdery Chr., Mora L., Panori A., Sefertzi E. Towards high impact smart cities: a universal architecture based on connected intelligence spaces // *Journal of the Knowledge Economy*. – 2022. – Vol. 13. – Pp. 1169–1197.