

DOI:10.12737/article\_5dbaaa4a53f270.70895545

## СОЦИО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЛАНДШАФТ: МЯГКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ПО БАЗОВЫМ КООРДИНАТАМ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МАТРИЦ СОЦИАЛЬНЫХ ПРАКТИК И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Н.А. КОРЕНЕВСКИЙ, М.В. АРТЕМЕНКО, С.Н. РОДИОНОВА

*ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», ул. 50 лет Октября, д.94, Курск,  
Россия, 305040, e-mail: artem1962@mail.ru*

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы синтеза моделей социотехнических ландшафтов: декартового произведения множеств социальных практик и цифровых технологий образует плоскость в дискретных координатах которой размещаются трехуровневые целевые функции, отражающие эффективность применения определенных цифровых технологий. Рассматриваются три этапа создания цифровых ландшафтов: конструирование, дизайн, моделирование. Предлагается метод синтеза ландшафта, основанный на экспертных заключениях определения цифровых технологий и социальных практик (как координат) и многослойности представления целевых функций в таксонах ландшафта. Рассмотрены примеры в области здравоохранения. Формулируется вывод о том, что наибольший социотехнический эффект достигается синергией цифровых технологий). Работа выполнена при поддержке Гранта РНФ № 19-18-00504.

**Ключевые слова:** *социотехнический ландшафт, социальные практики, цифровые технологии, трехмерное ландшафтное моделирование, целевые функции.*

## SOCIO-TECHNICAL LANDSCAPE: SOFT MAPPING OF SOFTWARE TO BASIC COORDINATES OF ONTOLOGIC MATRIXES OF SOCIAL PRACTICES AND DIGITAL TECHNOLOGIES

N.A. KORENEVSKY, M.V. ARTEMENKO, S.N. RODIONOVA

*Southwest State University, 50 Let Otyabrya St., 94, Kursk,  
Russia, 305040, e-mail: artem1962@mail.ru*

**Abstract:** The questions of model synthesis of socio-technical landscapes are considered: Cartesian product of sets of social practices and digital technologies forms the discrete system of coordinates with three-level target functions reflecting efficiency of certain digital technologies usage. Three stages to create digital landscapes are considered: construction, design, and modeling. The method of the landscape synthesis based on the expert opinions of digital technology determination, social practices (coordinates) and multiple layers of target functions representation in landscape taxons is offered. The examples in the field of health care are reviewed. The greatest socio-technical effect is achieved by the synergy of digital technologies. The work is supported by RNF Grant No. 19-18-00504.

**Keywords:** *socio-technical landscape, social practices, digital technologies, three-dimensional landscape modeling, target functions.*

Развитие цифровых технологий, их интенсивное и экстенсивное проникновение в системообразующие и сателитные сферы функционирования, как социума, так и личностной деятельности не снижают нагрузки на естественный интеллект людей, использующих средства цифровой техники, пассивно или активно управляющие компьютерными и информационными технологиями для целевого и прогрессирующего развития конгломерации индивидуумов на различных иерархических стратах (семья,

группа, партия, племя, народность, народ, нация, государство и т.д.).

Наоборот, возрастающие возможности цифровых технологий, за счет интеграции искусственного и естественного интеллектов, позволяющих обрабатывать (сохранять, анализировать, преобразовывать, конвертировать, создавать новые) малые, большие и сверхбольшие объемы информации, требуют соответствующего философского осмысления новых, ранее не анализируемых мировоззренческих

концепций на основе синергетического, кибернетического, вербального описания существующих социальных практик современного общества [1, 2, 4, 5,15].

Указанные условия, в рамках востребованности развития общества, определяемого потребностями Индустрии 4.0 современного этапа развития человеческой цивилизации, обуславливают разработку инструментария, способного на основе реализма, объективизма и субъективизма реализовать интеллектуально-дружественный интерфейс человека с «продуктами» цифровых технологий, способствующего повышения результативности и эффективности функционирования различных страт и онтологий в иерархической структуре социотехнического ландшафта (СТЛ).

Одним из таких инструментов являются трехмерные ландшафтные модели, описывающие взаимодействие цифровых технологий (ЦТ) с исследуемыми типами социальных практик и их элементов.

В этих моделях, в качестве одной из «плоскостей» принимается декартово произведение двух множеств таксонов, которые являются кластерами на соответствующих координатных осях: кластеры  $ST$  – значимые социальные практики и кластеры  $DT$  – цифровых технологий -  $KB = ST*DT$  [6]. Третья координатная ось по существу является целевой функцией  $ZF$  управления (внешнего и-или внутреннего) и жизнеспособного существования СТЛ в окружающей среде, отражающей различные аспекты коэволюции и взаимодействия  $ST$  и  $DT$ , на различных этапах жизненного цикла, начиная от синергетического формирования до финальной трансформации в иную сущность.

В зависимости от целей и задач, решаемых в процессе ландшафтного моделирования цифровых технологий социальных практик, модели могут строиться в различных масштабах от человеческой деятельности в той или иной

социальной практике, до признаков, оптимизирующих статус и состояние человека (его органов и даже клеток). Вторую координату образуют крупные кластеры цифровых технологий (искусственный интеллект, Big Data, геоинформационные системы, телемедицина, банкинг и т.д.) и используемые модели частных задач, решаемые средствами цифровой обработки информации.

В качестве целевых функций ландшафтных моделей могут выступать:

- прогноз развития цифровых технологий и их элементов;
- прогноз развития социальных практик и их составляющих ЦТ;
- степень рискогенности;
- оценка влияния ЦТ на исследуемые социальные практики и их составляющих;
- востребованность ЦТ;
- эффективность применения;
- выбор стратегии управления;
- оценка качества управления и т.д.

С учетом того, что целевые функции  $ZF$  могут иметь сложную иерархическую структуру, удобно и целесообразно для подчеркивания свойств определенных элементов  $ZF$ , выделять их цветами и-или рельефом ландшафтной модели, используя тем самым дополнительную вербальную информацию.

В процессе создания цифровых ландшафтов социальных практик предлагается выделять три существенных составляющих (этапа).

1. *Ландшафтное конструирование* (синтез ландшафтных моделей) включает в себя: выбор анализируемых таксонов и-или их индикаторных параметров; выбор целевых функций на всех иерархических уровнях, способов из комплексирования и шкал измерений; определение критериев оценки исследуемых показателей (включая их весовые коэффициенты) рекомендованные «ландшафтным дизайнером».

2. *Ландшафтный дизайн*. На данном этапе осуществляется творческий процесс придания ландшафтной модели максимальной информативности и

восприимчивости путем выбора цветовой гаммы, масштабов, формы и взаиморасположения целевых слоев и их рельефов.

3. *Ландшафтное моделирование.* Осуществляется анализ ландшафтных моделей с целью: оценки взаимосвязей цифровых технологий с социальными практиками и их составляющими; оценки текущей и прогнозируемой эффективности цифровых технологий; формирования управляющих воздействий, оптимизирующих использование ЦТ по выбранным таксонам социальных практик и их составляющих; решения других задач, определяемых целями ландшафтного моделирования.

Социальные практики являются первичными, системообразующими ЦТ, поскольку последние предназначены для их обслуживания. Таким образом, процесс синтеза ландшафтных моделей следует, очевидно, начинать с описания кластеров социальных практик и их составляющих, которые могут определяться как объекты и процессы человеческой деятельности, использующие цифровые технологии, а на более низком уровне – показатели (признаки), описывающие объекты и процессы исследования – координатная ось кластеров множества *ST*.

В самом общем виде, цифровые технологии (digital technologies) основываются на представлении сигналов полосами аналоговых уровней, а не в виде непрерывного спектра. Все данные в пределах полосы представляют собой одинаковые состояния сигнала.

Следуя данному базовому определению цифровые технологии это то, что реализуется средствами вычислительной техники: начиная от простейших арифметико-логических операций до «рассуждений» искусственного интеллекта. В силу большого разнообразия задач, моделей и методов, реализуемых средствами цифровой техники в настоящее время нет четко устоявшейся классификации указанного вида технологий, – это, естественно, затрудняет процесс

формирования таксонов для координатной оси *DT*. С учетом существующего многообразия и неопределенности классификации ЦТ при построении ландшафтных моделей предлагается шкалу *DT* определять, учитывая цели создания ландшафтной модели и выбранные кластеры координатной оси *ST*. В этом случае хорошо проведенный анализ позволяет определять разновидности используемых и перспективных ЦТ, поддерживающих существование и функционирование кластеров *ST* (теоретические концепции, типы и модели данных, модели знаний, используемые методы, алгоритмы и т.д.).

Среди множества целевых функций (координатная ось *ZF*) значительный интерес представляет собой эффективность использования цифровых технологий для исследуемых кластеров, находящихся на координатной оси *ST*. При этом удобно величину эффективности определять по хорошо апробированному и общепринятому методикам, применяемых в квалиметрии.

В квалиметрии понятие эффективности *EB* определяется, как отношение достигаемого целевого эффекта *CE* к затратам (в исследуемых контексте – затратами на разработку, закупку и эксплуатацию цифровых технологий и-или их элементов):

$$EB=CE/SC. \quad (1)$$

Часто целевой эффект определяют совокупностью показателей  $X_k$ , часть из которых описывают составляющие положительного эффекта от используемых цифровых технологий ( $X_1$  – эффект от влияния скорости обработки информации,  $X_2$  – от манипулирования большими объемами данных,  $X_3$  – от использования оптимальных моделей и алгоритмов,  $X_4$  – от использования элементов искусственного интеллекта,  $X_5$  – от оптимизации управленческих решений и т.д.), часть – являются составляющими, приводящими к уменьшению *CE* ( $X_{m+1}$  – «затягивание времени от неудачно выбранного интерфейса»,  $X_{m+2}$  – затраты, связанные с приобретением и эксплуатацией ЦТ;  $X_{m+3}$  – потери из-за

утомления операторов ПЭВМ;  $X_{m+4}$  – потери из-за неадекватных методов, программного обеспечения и т.д.)

Интегральная оценка  $CE$  по совокупности показателей часто определяется аддитивной формулой вида:

$$CE = \sum_{k=1}^m \alpha_k \cdot x_k - \sum_{k=m+1}^M \alpha_k \cdot x_k, \quad (2)$$

где:  $\alpha_k$  – весовые коэффициенты, определяющие «вклад» каждой составляющей в интегральный показатель  $CE$ .

Механизмы выбора показателей  $X_i$  и весовых коэффициентов достаточно подробно описаны в руководствах по квалиметрии [7, 10].

Часто положительный эффект от внедрения цифровых технологий оценивается без знаменателя выражения (1).

При построении прогностических ландшафтных моделей весовые коэффициенты  $\alpha_k$  в выражении (2) могут определяться экспертами, исходя из их представлений о тенденциях развития цифровых технологий.

Хорошая наглядность и информативность в прогностических ландшафтных моделях может достигаться тем, что ландшафт первого уровня (первый «слой» на координатном базисом  $ZF=EB_1$ ), соответствующий текущему состоянию объектов (процессов) исследования окрашиваются одним цветом, а последующие «слои», соответствующие прогнозируемым интервалам времени – другим. В «многослойных» ландшафтных моделях, таким образом, первый слой строится с использованием (1) и (2), а второй и последующие слои - для частных информативных параметров (признаков)  $x_i$ , входящих в выражение (2) и-или дополнительно вводимых показателей  $u_j$ , «раскрывающих тонкости» и «различные стороны» целевых функций.

В квалиметрии в задачах оценки качества объектов и процессов в выражении (2) добавляют знаменатель  $X_{k,n}$  – номинальные значения  $X_k$ , в качестве которых в различных задачах используют лучшие по отрасли, максимально

достигаемые с учетом современных технологических возможностей, средние по отрасли, средние в России, лучшие мировые и др.

С учетом номинальных значений, интегральную оценку  $CE$  определяется выражением:

$$CE = \sum_{k=1}^m \alpha_k \cdot \frac{x_k}{x_{kn}} - \sum_{k=m+1}^M \alpha_k \cdot \frac{x_k}{x_{kn}}. \quad (3)$$

Учитывая большую разнородность (гетерогенность) показателей, используемых при оценке  $BE$ ,  $CE$ ,  $SE$  для построения ландшафтных моделей их следует подвергать нормированию.

Основная цель ландшафтного моделирования – это представление вербальной визуализированной информации (для зрительного анализатора модельера-исследователя) о тенденциях развития цифровых технологий и их влияния на социальные практики и их составляющие, а основным инструментом принятия решений управленческого и корректирующего характера является мозг человека.

Приведем некоторые цитаты:

- П.К. Анохин: «Отражательный процесс развертывается таким образом, что внешний объект через ряд непрерывных физиологических процессов как бы ассимилируется организмом, т.е. отражается в его структурах, а потом и в сознании. Такой порядок развития процессов отражения приводит к естественному выводу, что по сути дела этот процесс от этапа к этапу формируется в соответствии с теорией передачи информации»; «...внешний мир через многообразнейшие параметры своего воздействия входит в организм в форме тончайших информационных процессов, весьма точно отражающих параметры этого объективного внешнего мира» [3].

- Судаков К.В: «Информационный эквивалент объективной реальности на уровне головного мозга, как совокупности информации, поступающей по разным каналам, является решающим фактором построения субъективного образа объективного мира»; «Основу интеллекта составляет эмоциональное сознание –

оценка действительности с помощью отрицательных и положительных эмоциональных реакций»; «В функциональных системах социального уровня просматривается общий для всех функциональных систем принцип динамической саморегулирующейся организации по конечному результату...» [12].

- Кагарманова Н.И.: «живой организм, если рассматривать его как целостную систему, отражает мир опережающе; его активность в каждый момент времени – не ответ на прошлое событие, а подготовка и обеспечение будущего»; «С точки зрения теории функциональных систем, опыт человека рассматривается как ряд прошедших тестирование гипотез с последующей их реализацией» [9].

Поэтому задачи управления в данном контексте следует рассматривать с позиций достижения максимальной информированности ЛПП (лицо принимающее решения) о возможных путях и последствиях выбранных им стратегий цифрового управления.

В задачах, где в качестве целевой функции определяется эффективность использования цифровых технологий  $BE$ , задача управления заключается в поиске таких параметров  $CE$  ( $\alpha_k, x_k$ ) и  $SE$ , чтобы  $BE$  стремилась к максимально возможному значению ( $BE \rightarrow max$ ) или обеспечивающего наиболее приемлемое качество функционирования СТЛ.

Учитывая таксономическую (ячеистую) структуру координатного базиса СТЛ, анализ, прогноз и формирование информации для обеспечения процесса управления может осуществляться по одной ячейке с координатами  $ST_i, DT_j$  ( $i$  – индекс кластера социальной практики,  $j$  – индекс кластера цифровых технологий), по строке (фиксируется  $i$ ), по столбцу (фиксируется  $j$ ), по всему координатному базису и на всех слоях целевой функции.

Назовем формирование информации для управления одной ячейкой элементарным управляющим образом (ЕУО), формирование информации для управления по строке – локальным

управляющим образом по социальной практике (LYOS), формирование информации для управления по столбцу – локальным управляющим образом по цифровым технологиям (LYOD) и формирование управляющей информации для координатного базиса – глобальным управляющим образом (GYO).

В любом случае, если основная цель ландшафтного моделирования – повышение эффективности применения цифровых технологий – то ЛПП, варьируя показателями  $CE, SE, X_i$  в рамках известных ограничений ( $CE > CE_{min}, SE < SE_{max}, min_i < X_i < max_i$ ) и, наблюдая управляющие образы ЕУО, LYOS, LYOD и-или GYO, стремиться так организовать взаимодействие между цифровыми технологиями и социальными практиками, чтобы элементы наблюдаемого рельефа по шкале  $ZF$  принимали максимальные значения. На формальном языке для элементарного управления:

$$EB_{i,j} \rightarrow max. \quad (4)$$

Для управления социальной практикой  $ST_i$ :

$$FBS_i = \sum_{j=1}^J \beta_j \cdot EB_{i,j} \rightarrow max. \quad (5)$$

Для управления цифровой технологией  $DT_j$ :

$$EBD_j = \sum_{i=1}^I \gamma_i \cdot EB_{i,j} \rightarrow max. \quad (6)$$

Для глобального управления:

$$EBG = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \eta_{i,j} \cdot EB_{i,j} \rightarrow max. \quad (7)$$

где:  $\beta_j, \gamma_i, \eta_{i,j}$  – весовые коэффициенты, определяемые на экспертном уровне.

Для многослойных ландшафтов в идеале (4), (5), (6) и (7) должны выполняться для всех слоев.

В соответствии с рассмотренными рекомендациями предлагается метод синтеза ландшафтов цифровых технологий социальных практик, состоящий из следующей основной последовательности действий.

1. Определяются цели и задачи синтеза ландшафтных цифровых технологий социальных практик.

2. Формируются экспертные группы, состав которых (количественный и качественный) оценивается по методикам, принятым в квалиметрии с проверкой согласованности действий экспертов по коэффициентам конкордации.

3. Выбирается список социальных практик или их составляющих в соответствии с поставленной целью исследования.

4. Проводится анализ существующих и перспективных цифровых технологий, используемых для «поддержки» деятельности социальных практик и их составляющих. Формируются существенные классы цифровых технологий (например, рекомендованных в [8]).

5. Исходя из цели и поставленных задач, определяется количество слоев ландшафта, для каждого из которых определяются целевые функции для всех групп таксонов.

6. Осуществляется синтез целевых функций в соответствии с рекомендациями, принятыми в квалиметрии, и осуществляется построение их графических образов.

7. Составляются методические рекомендации по применению полученной ландшафтной модели.

Рассмотрим несколько вариантов построения ландшафтных моделей различного уровня для такой разновидности социальных практик как медицина.

#### Вариант 1

**Цель:** изучение готовности учреждений здравоохранения (УЗ) центрально-черноземного округа (ЦЧР) к переходу на технологии цифровой медицины.

#### Задачи:

- оценить степень готовности областных комитетов здравоохранения Белгородской области (БО), Воронежской области (ВО), Курской области (КО), Липецкой области (ЛО) и Тамбовской области (ТО) к реализации программ (технологий) цифровой медицины;

- подготовить рекомендации по ускорению темпов цифровизации учреждений здравоохранения ЦЧР.

Цели и задачи определяют пять кластеров объектов исследования по шкале *ST* (УЗБО, УЗВО, УЗКО, УЗЛО, УЗТО). Изучение разрабатываемых документов по цифровизации медицины и состояние дел в системе здравоохранения позволит в современных условиях реально обеспечить повышение качества медицинского обслуживания населения исследуемых регионов путем следующих инноваций:

- унифицированных медицинских карт (УЦМК);
- электронной системы записи на прием (ЭСЗ);
- медицинских информационных систем (МИС);
- телемедицины (ТМ);
- искусственного интеллекта (ИИ).

С учетом решаемых задач эксперты выбрали два уровня целевых функций. На первом уровне (слое) в качестве целевой функции  $ZF1_{i,j}$  выбрано отношение затрат на приобретение и эксплуатацию каждой из выбранных цифровых технологий ( $SC_{i,j}$ ) к общим затратам на здравоохранение в области ( $SCZ_i$ ):  $ZF1_{i,j} = \frac{SC_{i,j}}{SCZ_i}$ .

На втором уровне в качестве целевой функции  $ZF2_{i,j}$  выбран процент «охвата» ( $PO_{i,j}$ ) цифровой технологии с индексом  $j$  учреждений здравоохранения в области с индексом  $i$ .

С учетом (3)  $X_{k,n}$  в идеальном случае равен 100% , а важность МИС и ИИ по сравнению с УЦМК, ЭСЗ, ЭД и ТМ эксперты оценили коэффициентом  $\alpha=10$  (таким образом,  $\alpha_k$  для МИС и ИИ равен 10, а для остальных цифровых технологий  $\alpha_k=1$ ).

Для каждой области с индексом  $i$  величина  $ZF2_{i,j}$  определяется формулами:

$$ZF2_{i,уцмк} = \frac{PO_{i,уцмк}}{100}, ZF2_{i,эсз} = \frac{PO_{i,эсз}}{100},$$

$$ZF2_{i,эд} = \frac{PO_{i,эд}}{100}, ZF2_{i,тм} = \frac{PO_{i,тм}}{100},$$

$$ZF2_{i,мис} = \frac{PO_{i,мис}}{10}, ZF2_{i,ии} = \frac{PO_{i,ии}}{10}.$$

Схема координатного базиса для рассматриваемой ландшафтной модели приведена на рисунке 1.

Поскольку, цифровые технологии на конкретной географической территории (в рассматриваемом случае - центрально-черноземный регион) имеют различную распространённость, то это предлагается отражать на схеме ландшафта соответственно относительными величинами («размерами»)  $\Delta УЦМК$ ,  $\Delta ЭЗС$ ,  $\Delta ЭД$ ,  $\Delta ТМ$ ,  $\Delta МИС$  и  $\Delta ИИ$  ( $\Delta УЦМК + \Delta ЭЗС + \Delta ЭД + \Delta ТМ + \Delta МИС + \Delta ИИ = 1$ ).

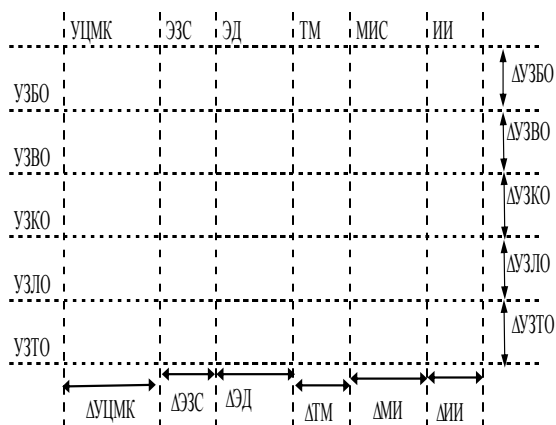


Рис. 1. Схема координатного базиса внедрения цифровых технологий в учреждении здравоохранения ЦЧР

Это же касается и координатной оси *ST* модели ландшафта ( $\Delta УЗБО + \Delta УЗВО + \Delta УЗКО + \Delta УЗЛО + \Delta УЗТО = 1$ ). В данном случае принимается, что  $\Delta УЗБО = \Delta УЗВО = \Delta УЗКО = \Delta УЗЛО = \Delta УЗТО = 0,25$ . Тогда, площадь элемента рассматриваемого ландшафта является показателем, характеризующим, в данном случае, степень относительной насыщенности определенной цифровой технологией определенного управления здравоохранения в области, позволяя производить сравнительный анализ для принятия управленческих решений о развитии определенных цифровых технологий в тех или иных областях региона (ЦЧР). (Изложенный подход предлагается экстраполировать на схемы представления различных ландшафтов и подландшафтов СТЛ.)

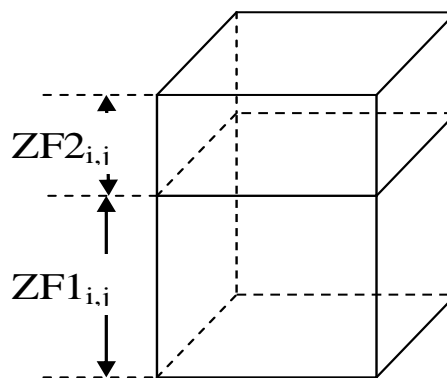


Рис.2. Вариант графика двухуровневой целевой функции

На рисунке 2 приведено условное изображение двухуровневой целевой функции. На рисунке 3 приведен «разрез» анализа исследования цифровых технологий по учреждениям здравоохранения Курской области.

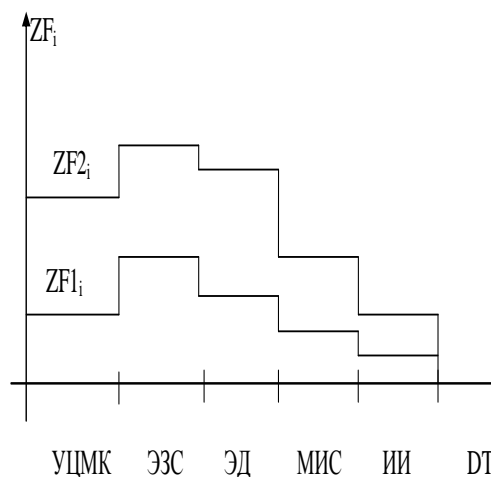


Рис.3. «Разрез» использования ЦТ медицинскими учреждениями Курской области

Анализ полученных ландшафтных моделей позволяет:

- сопоставить оснащенность цифровыми технологиями учреждений здравоохранения по областям ЦЧР;
- сформулировать рекомендации по закупкам, установке, обучению персонала с целью дальнейшего развития цифровых технологий по ЦЧР и отдельным областям;
- определить последовательность действий и финансовые затраты на развитие

различных видов ЦТ по ЦЧР и областям и т.д.

Для более детального анализа внедрения цифровых технологий в медицину целесообразно сформировать третий слой, показывающий, каким образом изменяются в этом случае эффективности работы медицинских учреждений по различным показателям (критериям) функционирования:

- объем оказанных медицинских услуг (ОМУ) –  $x_1$ ;
- уровень смертности (УС) –  $x_2$ ;
- уровень инвалидности (УИ) –  $x_3$ ;
- уровень диспансеризации (УД) –  $x_4$ ;
- использование коечного фонда (ИЛФ) –  $x_5$ .

Целевую функцию для третьего слоя  $ZF3_{i,j}$  целесообразно определять как отклонения значения показателя ландшафтной эффективности с использованием  $j$ -ой ЦТ к значению этого же показателя без использования ЦТ. Для улучшения вербальной интерпретации этого набора показателей значения равные 1 целесообразно выделять графически, а значения выше или ниже единицы обозначать разными цветами (например: улучшение -  $ZF3_{i,j} > 1$  – используя оттенки «зеленого» или «голубого» цветов; ухудшение -  $ZF3_{i,j} < 1$  – используя оттенки «красного», «фиолетового» и «черного» цветов).

На рисунке 4 приведен вариант элемента эффективности трехуровневой модели. Анализ ландшафтной трехуровневой модели с элементами, показанными на рисунке 4, позволяет оценить какой из видов ЦТ<sub>j</sub> обеспечивает наибольшие значения показателей медицинской эффективности, что в свою очередь позволяет формировать рекомендации (управляющие образы) по приоритетам инновационного развития соответствующих ЦТ.

Кроме показателей медицинской эффективности работы учреждений здравоохранения определяются показатели социальной эффективности (численность населения преклонного возраста, доля охвата населения медицинскими услугами,

уровень удовлетворенности качеством медицинских услуг, время обслуживания (включая ожидания в очереди), анализ жалоб от пациентов, уровень удовлетворенности персонала: условиями работы и т.д.) и экономической эффективности (анализы типа «затраты – выгоды», «затраты – эффективность», показатели фонда заработной платы медицинских работников, показатели использования трудовых ресурсов, показатели использования материальных ресурсов, коэффициенты использования основных фондов (ресурсов), анализ расхода финансовых средств из различных источников финансирования, доход от платных медицинских услуг, объем финансирования программ государственных гарантий).

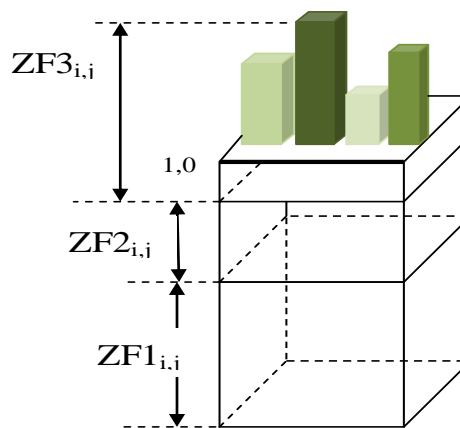


Рис. 4. Вариант элемента трехуровневой ландшафтной модели цифровизации учреждений здравоохранения ЦЧР с блоком показателей медицинской эффективности

Указанные две группы показателей так же могут быть включены в третий слой ландшафтных моделей. Что бы не терять наглядность представления, каждую из этих групп показателей целесообразно представлять «своей» трехмерной моделью, обеспечивая сравнение между собой и, тем самым, получать дополнительную информацию для анализа и формирования соответствующих рекомендаций управляющих и корректирующих воздействий.

Аналогичные модели могут строиться для различных учреждений



здравоохранения области и района с аналогичным применением кластерного принципа по координатной оси ST.

### Вариант 2

**Цель:** изучение влияния цифровых технологий на процессы принятия решений по оценке и управлению состоянием здоровья человека.

**Задачи:**

- оценка тенденций изменения качества оказания медицинских услуг по мере развития и внедрения цифровых технологий в медицинскую практику;

- проведение сравнительного анализа различных модификаций используемых цифровых технологий при ведении пациентов в типовых лечебно-профилактических учреждениях;

- формирование рекомендаций по совершенствованию цифровых технологий с целью повышения эффективности оказания медицинских услуг населению.

Основными процессами, обеспечивающим качественное оказание медицинских услуг населения являются:

- своевременный и качественный прогноз состояния обследуемого (PRG);

- своевременное и качественное обнаружение различных стадий заболеваний (RD);

- надежная дифференциальная диагностика заболеваний (DD);

- выбор оптимальной схемы (траектории) профилактики (SP) и лечения (SL);

- оптимальное управление лечебно-диагностическим процессом (ULDP).

Указанные классы процессов образуют ось ST координатного базиса.

В современной и перспективной цифровой медицине эти процессы поддерживаются следующим базовым набором цифровых технологий:

- медицинские информационные системы (МИС);

- телемедициной (ТМ);

- искусственным интеллектом (ИИ);

- гибридными моделями принятия решений, в которых взаимодействуют

искусственный и естественный интеллекты (ГМПП) [11];

- искусственный интеллект, позволяющий обрабатывать большие и сверхбольшие объемы обучающих выборок (ИИБД);

- искусственный интеллект, позволяющий обрабатывать малые объемы обучающих выборок (ИИМД), работая в условиях информационной неопределённости [13,14];

- различные комбинации технологий (ST).

В самом общем (но затратном виде), в ST входят все перечисленные виды ЦТ.

Таким образом, решение поставленной цели и задач достигается ландшафтной моделью с координатным базисом, приведенным на рисунке 5.

	МИ С	ТМ	ИИ	ИМ БД	ИИ МД	ГМ ПП	ST
PRG							
RD							
DD							
SP							
SL							
ULPD							

Рис. 5. Схема координатного базиса взаимовлияния цифровых технологий на элементы лечебно-диагностического процесса.

Для решения первой задачи экспертная группа определяет успешность применения ( $UP_{i,j}$ ) (например, по количеству совершенных ошибок) перечисленных технологий при решении выбранных медицинских задач (в процентах по сравнению с исследуемым процессом без применения ЦТ или в баллах по специализированному опроснику).

Величина целевой функции первого слоя в этом случае определяется по формуле:

$$ZF1_{i,j} = \frac{UP_{i,j}}{SC_{i,j}}, \quad \text{где: } SC_{i,j} - \text{затраты на}$$

приобретение и эксплуатацию цифровых технологий j.

Далее, используя известный метод для прогнозирования, эксперты определяют

величины  $ZFS_{i,j}$  для последующих слоев с номером  $S$  через задаваемое время прогнозирования.

Параллельно с этим прогнозируются необходимые затраты на цифровизацию  $SC_{i,j}$ .

Для решения второй и третьей задач изучаются положительные и отрицательные стороны выбранных цифровых технологий  $CT_j$ .

Например, медицинские информационные системы (МИС) не предназначены для формирования рекомендаций по оптимальному ведению пациентов, - однако, они решают целый ряд задач полезных для ускорения и повышения качества принятых решений. Наличие электронной системы записи экономит время ожидания пациента в возможной очереди к врачу, поддержка электронной медицинской карты сокращает время контакта пациента с врачом, обеспечивает надежное хранение информации о динамике изменения состояния здоровья и функционального состояния (что важно для решения прогностических задач) и практически мгновенный доступ к этой информации.

Некоторые типы МИС позволяют решать задачи повышения качества подготовки и переподготовки специалистов, поддержки врачей при консультировании, диагностике и принятия решений при неотложных состояниях. Скрининговые МИС оптимизируют лечебно-профилактический осмотр населения, позволяют сформировать группы риска и выявляет пациентов, нуждающихся в помощи специалиста. Для этих систем разработано большое количество специальных анкетных карт. Полезной функцией МИС является управление совместной работой медицинской команды, формированием массивов лечения, подготовке списков анализов, сбор отзывов в социальных сетях, внутренний чат. Ряд МИС поддерживает функции административно-управленческие и-или финансово экономической деятельности, что так же положительно

сказывается на качестве оказания медицинских услуг.

Перечисленные положительные качества МИС составляет основу для вычисления положительных составляющих формул (2) и (3), которые в свою очередь используются для вычисления целевых функций, - например второго слоя  $ZF2_{i,МИС}$ .

Проблемной стороной (показатели, уменьшающие эффективность использования) МИС является следующий набор факторов:

- электронный документооборот дублируется бумажным;
- несовместимость различных МИС усложняет процессы управления;
- неподготовленность медицинских специалистов к применению МИС;
- недостаток подготовленных кадров;
- психологические барьеры в исследовании МИС;
- несовершенство интерфейсов взаимодействия МИС с врачами;
- неоптимальная организация информационного обмена.

Этот набор показателей составляет основу для вычисления отрицательных составляющих (2) и (3).

На практике различные типы МИС имеют различные наборы функций и обладают различными медико-техническими характеристиками. Это означает, что разные типы МИС характеризуются различными значениями  $ZF2_{i,МИС}$ , что позволяет ставить и решать вторую и третью задачи относительно различных МИС.

Для телемедицинских систем определяют следующие положительные стороны их использования:

- дистанционные видео консультации;
- удаленный поиск и набор врачей;
- автоматизированная диагностика;
- удаленная оценка состояния здоровья и функционального состояния;
- виртуальные ассистенты для врачей;
- сбор данных с носимых устройств мобильной связи;

К основным недостаткам телемедицины относятся:

- возможные неоптимальные схемы обмена информацией;

- проблемы в согласовании при обмене разнородными данными (включая форматы и протоколы обмена данными);

- проблемы в коммуникации врачей различных уровней подготовки.

Перечисленные положительные и отрицательные проблемные стороны телемедицины используются для получения целевых функций  $ZF2_{i,ТМ}$ .

Положительные тенденции от использования ИИ в медицинских приложениях:

- повышение значений показателей качества диагностики (диагностические чувствительность, специфичность и эффективность) заболеваний до 0,9;

- возможность распознавания тревожных симптомов в анализах и исследованиях;

- анализ симптомов с выбором врача;

- распознавание речи и лиц с целью ускорения заполнения медицинских карт;

- ускорения разработки лекарств;

- индивидуальный подбор лекарств пациенту;

- распознавание медицинских изображений (УЗИ, КТ, МРТ и т.д.);

К недостаткам существующих систем ИИ относятся:

- эффективность обучения систем ИИ зависит от объема данных, для которых эксперты указывают точное состояние здоровья человека (прогноз, исход и т.д.), что обуславливает значительные затраты времени и средств на создание обучающих выборок;

- качественный прогноз и ранний диагноз средствами классического ИИ (четкие и нечеткие нейронные сети) достигается редко для ограниченного класса задач, поскольку современная медицина не дает ответа на наличие четких границ между здоровьем и болезнью;

- часть практикующих медиков не доверяют ИИ;

- часть практикующих медиков безоговорочно доверяют ИИ, хотя системы поддержки принятия решений построенные на нем могут и «ошибаться»;

- неготовностью поставщиков оборудования и программного обеспечения к интеграции с требованиями практикующих медиков.

Рассмотренные особенности технологий ИИ позволяют перейти к формированию показателей для расчета  $ZF2_{i,ИИ}$ .

Сами по себе большие объемы данных не решают медицинских задач. Они хорошо «работают» в совокупности с методами ИИ. Такое объединение повышает эффективность решения задач для технологий ИИ и позволяет увеличивать значение целевых функций  $ZF2_{i,ИИБД}$  и  $ZF2_{i,ИИМД}$ .

Технологии ГМПР значительно расширяют возможности ИИ при решении плохоформализуемых задач, занимающих значительное место в медицине, позволяя получить надежные модели прогнозирования, ранней диагностики, оценки степени тяжести и стадий заболевания, выбора рациональных схем лечения и профилактики. Конкретные технологии ГМПР формируют целевые функции  $ZF2_{i,ГМПР}$ .

	М	ТР	М	Н	ГН
	С	О	П	С	М
Прогнозирование					
Ранняя диагностика					
Дифференциальная диагностика					
Профилактика					
лечение					

Рис. 6. Схема координатного базиса с цифровыми технологиями, реализуемыми различными методами принятия решений: МС – математическая статистика, ТРО – теория распознавания образов, МП – методы экстраполяционного прогнозирования, НС – нейронные сети, ГНМ – гибридные нечеткие модели.

При формировании целевых функций для смешанных, конвергентных технологий  $ZF2_{i,ST}$  эксперты выбирают положительные и отрицательные показатели, присущие

входящим в ST технологиям и определяют гибридные (смешанные) варианты для формул (2), (3).

В качестве целевых функций третьего слоя  $ZF_{3,i,j}$  эксперты могут выбрать только показатели наиболее полно «раскрывающие» задачи, решаемые при ландшафтном моделировании с координатным базисом, приведенным на рисунке 6.

Решение второй и третьей задачи с использованием модели с координатным базисом рисунка 5 целесообразно, если строятся несколько ландшафтных моделей для различных типов существующих и перспективных ЦТ.

Выбор наилучших вариантов целесообразно осуществлять, максимизируя сумму целевых функций по каждому из слоев и-или по всем слоям (модели 4, 5, 6, 7). В качестве примеров рассмотрим несколько вариантов формирования координатных базисов медицинских ландшафтных моделей.

В качестве целевых функций для ландшафтного базиса (рисунок 6) могут выступать:

- для первого слоя показатели диагностической чувствительности (ДЧ), специфичности (ДС), эффективности (ДЭ), прогностической значимости положительных и отрицательных (ПЗ<sup>+</sup>, ПЗ<sup>-</sup>) результатов.

	СД	ССС	ЖКТ	НС
ОП				
ОС				
ИМ				
ЛМ				
ЭК				
ЭР				
СФ				

Рис.7. Схема координатного базиса типа ST-ST.

На рисунке 7 приведен вариант базового базиса с координатами ST-ST.

На рисунке 7 обозначено: СД – система дыхания, ССС – сердечно-сосудистая система, ЖКТ – желудочно-кишечный тракт, НС – нервная система, ОП – опрос, ОС – осмотр, ИМ – инструментальные методы исследования, ЛМ – лабораторные методы исследования; ЭК – экологические факторы риска, ЭР – эргономические факторы риска, СФ – социальные факторы риска.

В качестве целевой функции модели, представленной на рисунке 7 могут выступать показатели качества принимаемых решений, такие же как и для модели, показанной на рисунке 6; а так же могут быть использованы для сравнения эффективности различных цифровых технологий, - тогда они строятся для каждой используемой ЦТ.

В качестве первого слоя удобно использовать приведенные затраты, а в качестве второго слоя – показатели качества принимаемых решений.

Аналогично строится модель, когда по одной координате выбирается состояние здоровья всего организма или систем (органов), а по второй координате – социальный статус, экологическая обстановка, эргономика человеко-машинной системы, индивидуальные факторы риска и т.д.

Для практических медицинских приложений представляет интерес координатный базис для одного органа (системы), в которой по одной координате выбираются таксоны, соответствующие решаемой задаче (прогноз, ранний диагноз, дифференциальный диагноз, степень тяжести, профилактика, лечение), а по второй координате – методы исследования, аналогично схеме рисунка 7. (В более подробном варианте - список используемых информативных признаков или их групп, кластеров.)

Основное назначение цифровых технологий – обслуживание социальных практик (социотехнических процессов и объектов). С учетом этого, при построении ландшафтных моделей выбор таксонов ЦТ следует осуществлять под выбранные

социальные практики (объекты, процессы) с учетом классификации целей и задач.

Основой для выбора таксонов цифровых технологий служит их базовое определение: цифровые технологии – это технологии, основанные на представлении сигналов полосами аналоговых уровней, работая с дискретными сигналами, представляемые, как правило, двоичным кодом, трактуемые в булевой алгебре как «Ложь» и «Истина».

При описании объектов и процессов в социотехнических системах с учетом базового определения ЦТ наиболее распространены следующие технологии:

- аналого-цифровое и цифро-аналоговые преобразования (обеспечивают связь цифровых систем с внешним аналоговым Миром);

- фильтрация – отделение полезной информации от шума;

- обработка сигналов (восстановление, разделение информационных потоков, подавление шумов, сжатие данных, фильтрация, усиление, статистическая обработка, распознавание голоса и речи и др.);

- обработка изображений (любая форма обработки информации, для которой данные представлены изображениями: тексты, картины, фотографии, телевизионное изображение, рентгеновские снимки и т.д.);

- обработка информации математическими методами с использованием цифровых технологий (анализы: регрессионный, дискриминантный, корреляционный, факторный; распознавание образов, теория игр, адаптивные методы принятия решений и т.д.);

- технологии, использующие информационные системы, предназначенные для хранения, поиска и обработки информации с соответствующими организационными ресурсами (людскими, техническими, финансовыми, социальными и др.);

- телекоммуникационные технологии, основанные на использовании комплекса программно-аппаратных средств,

обеспечивающих передачу различных сообщений на любые расстояния с заданными параметрами качества;

- технологии искусственного интеллекта, способные выполнять творческие функции, являющие человеческой прерогативой и реализуются программно-аппаратными средствами информационно-компьютерных систем (комплексов) на основе методологии экспертных систем, рассуждений по аналогии, байесовских сетей доверия, нейронных сетей, нечетких систем, эволюционных и генетических алгоритмов;

- технологии обработки данных большого объема, использующие структурированные и неструктурированные данные большого объема и разнообразия специальными методами обработки, позволяющими анализировать информацию;

- робототехнические технологии;

- технологии виртуальной и дополненной реальности;

- технологии 3D печати;

- технологии интернет вещей.

В заключении следует отметить, что наибольший социотехнический эффект достигается совокупностью использования различных цифровых технологий (синергия цифровых технологий).

### Литература

1. Алексеева И.Ю., Аршинов В.И. Информационное общество и НБИКС-революция/ Российская академия наук, Институт философии. Москва, 2016. – 196 с.
2. Аршинов В.И., Асеева И.А., Буданов В.Г. и др. Социо-антропологические измерения конвергентных технологий. модели, прогнозы, риски. Коллективная монография / Курск, 2017. 244 с.
3. Анохин П.К. Психическая форма отражения действительности //Ленинская теория отражения и современность. – София: Наука и искусство, 1969.-с.109-139
4. Буданов В.Г. Проблемы коэволюции антропо- и техносферы, квантово-

- синергетический подход // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2014. – № 4; URL: [cmp.esrae.ru/10-68](http://cmp.esrae.ru/10-68)
5. Буданов В.Г. Синергетическая парадигмы и ее творцы // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2018. – № 3; URL: [cmp.esrae.ru/25-239](http://cmp.esrae.ru/25-239)
  6. Буданов В. Г., Каменский Е. Г., Аршинов В. И., Асеева И. А. Социотехнический ландшафт в условиях цифровизации: к проблеме концепта и методологии исследования // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия экономика, социология, право. 2019.Т.9. № 3(32). С. 213-225.
  7. Бурков Е.А., Волосюк А.А., Гусейнов В.Д., Падерно П.И., Сопина О.П. Организация эргономического проектирования новых информационных систем // Биотехнофера. 2015. № 1 (37). С. 3-9.
  8. Главные сквозные цифровые технологии [электронный ресурс] // URL [https://spravochnik.ru/informacionnye\\_tehnologii/skvozne\\_cifrovye\\_tehnologii/](https://spravochnik.ru/informacionnye_tehnologii/skvozne_cifrovye_tehnologii/)
  9. Кагарманова Н.И. Феномен человека в западном понимании.-Екатеренбург, 2016. – 351 с.
  10. Кириллов В. И. Квалиметрия и системный анализ. Серия «Высшее образование», изд.-во Инфа-М., Новое знание. -2012. – 440 с.
  11. Кореневский Н. А., Родионова С. Н., Хрипина И. И. Методология синтеза гибридных нечётких решающих правил для медицинских интеллектуальных систем поддержки принятия решений Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии 2019. – 472 с.
  12. Судаков К.В. Динамические стереотипы, или Информационные отпечатки действительности. –М.: ПЕРСЭ, 2002. – 128 с.
  13. Artemenko M.V., Kalugina N.M., Dobrovolsky I.I. The formation of a set of informative features based on the functional relationships between the data structure field observations // European Journal of Natural History. 2016. № 6. P. 43-48.
  14. Artemenko M.V., Chernetskaia I.E., Kalugina N.M., Shchekina E.N. Bootstrap and Counter-Bootstrap approaches for formation of the cortege of Informative indicators by Results of Measurements. // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series Theory and Practice. Сер. "Metrology, Standardization, Quality: Theory and Practice, MSQ 2017" 2018. С. 012002
  15. On the existence of digital objects / Yuk Hui; foreword by Bernard Stiegler. (Electronic mediations; 48) Marston Book Services. 2016. - 336 p.

### Reference

1. Alekseeva I.Ju., Arshinov V.I. Informacionnoe obshhestvo i NBIKS-revoljucija/ Rossijskaja akademija nauk, Institut filosofii. Moskva, 2016. – 196 с.
2. Arshinov V.I., Aseeva I.A., Budanov V.G. i dr. Socio-antropologicheskie izmerenija konvergentnyh tehnologij. modeli, prognozy, riski. Kollektivnaja monografija / Kursk, 2017. 244 s.
3. Anohin P.K. Psihicheskaja forma otrazhenija dejstvitel'nosti //Leninskaja teorija otrazhenija i sovremennost'. – Sofija: Nauka i iskusstvo, 1969.-s.109-139
4. Budanov V.G. Problemy kojevoljucii antropo- i tehnosfery, kvantovo-sinergeticheskij podhod // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2014. – № 4; URL: [cmp.esrae.ru/10-68](http://cmp.esrae.ru/10-68)
5. Budanov V.G. Sinergeticheskaja paradigmny i ee tvorcy // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. – 2018. – № 3; URL: [cmp.esrae.ru/25-239](http://cmp.esrae.ru/25-239)
6. Budanov V. G., Kamenskij E. G., Arshinov V. I., Aseeva I. A. Sociotehnicheskij landshaft v uslovijah cifrovizacii: k probleme koncepta i metodologii issledovanija // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija jekonomika, sociologija, pravo. 2019.Т.9. № 3(32). S. 213-225.
7. Burkov E.A., Volosjuk A.A., Gusejnov V.D., Pадерно P.I., Sopina O.P.

- Organizacija jergonomicheskogo proektirovanija novyh informacionnyh sistem // Biotehnosfera. 2015. № 1 (37). S. 3-9.
8. Glavnye skvoznje cifrovye tehnologii [jelektronnyj resurs] // URL [https://spravochnick.ru/informacionnye\\_tehnologii/skvoznje\\_cifrovye\\_tehnologii/](https://spravochnick.ru/informacionnye_tehnologii/skvoznje_cifrovye_tehnologii/)
  9. Kagarmanova N.I Fenomen cheloveka v zapadnom ponimanii.-Ekaterenburg, 2016. – 351 s.
  10. Kirillov V. I. Kvalimetrija i sistemnyj analiz. Serija «Vysshee obrazovanie», izd.-vo Infa-M., Novoe znanie. -2012. – 440 s.
  11. Korenevskij N. A., Rodionova S. N., Hripina I. I. Metodologija sinteza gibridnyh nechjotkih reshajushhih pravil dlja medicinskih intellektual'nyh sistem podderzhki prinjatija reshenij Staryj Oskol: Tonkie naukoemkie tehnologii 2019. – 472 s.
  12. Sudakov K.V. Dinamicheskie stereotipy, ili Informacionnye otpechatki dejstvitel'nosti. –M.: PERSJe, 2002. – 128 s.
  13. Artemenko M.V., Kalugina N.M., Dobrovolsky I.I. The formation of a set of informative features based on the functional relationships between the data structure field observations // European Journal of Natural History. 2016. № 6. P. 43-48.
  14. Artemenko M.V., Chernetskaia I.E., Kalugina N.M., Shchekina E.N. Bootstrap and Counter-Bootstrap approaches for formation of the cortege of Informative indicators by Results of Measurements. // V sbornike: Journal of Physics: Conference Series Theory and Practice. Ser. "Metrology, Standardization, Quality: Theory and Practice, MSQ 2017" 2018. S. 012002
  15. On the existence of digital objects / Yuk Hui; foreword by Bernard Stiegler. (Electronic mediations; 48) Marston Book Services. 2016. - 336 p.