

УДК 004.9

ИНТЕГРАТИВНЫЙ ПОДХОД К СТРУКТУРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ В ИНФОРМАЦИОННОМ ПОЛЕ

Саенко Максим Андреевич¹,

e-mail: xerokan@mail.ru,

¹Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва, Россия

Уровень требований к обработке информации непрерывно повышается и соответственно изменяются методы ее обработки. Широко применяемые методы структурного моделирования являются объектно-топологическими, что ограничивает их применение для пространственных объектов. Статья исследует проблему построения структур в информационном поле. Информационное поле формируется как отображение объектов и процессов реальности в виде информационных образов. В статье предлагается интегративный подход, в котором используются свойства информационного поля в сочетании с агрегативным и стратификационным подходами. В основе интегративного подхода заложен принцип формирования агрегатов или информационных слоев. Каждый информационный слой представляет собой агрегат, который содержит категориально и качественно близкие информационные образы. Структурная схема формируется на основе композиции информационных слоев. Интегративный подход обеспечивает сопоставимость схем на разные объекты и закономерности в рамках информационного поля. Предлагаемый подход можно рассматривать как вариант качественного и количественного анализа моделируемых объектов. Предложенный интегративный подход позволяет решать задачи четкого и нечеткого построения структур, например, построения четких и нечетких когнитивных карт.

Ключевые слова: информационное поле, информационный образ, информационный слой, структурное моделирование, интегративный подход, инструмент качественного анализа, нечеткость

AN INTEGRATIVE APPROACH TO STRUCTURAL MODELING IN THE INFORMATION FIELD

Saenko M.A.¹,

e-mail: xerokan@mail.ru,

¹Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow, Russia

The level of requirements for information processing is continuously increasing and therefore, the methods of its processing are also changing. Widely used structural modeling methods are object-topological, which limits their application to spatial objects. The article examines the problems of constructing structures in the information field. The information field is formed as a reflection of objects and processes of reality in the form of information images. The article proposes an integrative approach that uses the properties of the information field in combination with aggregative and stratification approaches. The integrative approach is based on the principle of forming aggregates or information layers. Each information layer is an aggregate that contains categorically and qualitatively similar information images. The structural scheme is formed on the basis of the composition of information layers. The integrative approach ensures comparability of schemes for different objects and patterns within the information field. The proposed approach can be considered as a variant of qualitative and quantitative analysis of the modeled objects. The proposed integrative approach makes it possible to solve the problems of clear and fuzzy structure construction, for example, the construction of clear and fuzzy cognitive maps.

Keywords: information field, information image, information layer, structural modeling, integrative approach, qualitative analysis tool, fuzziness

DOI 10.21777/2500-2112-2025-1-77-83

Введение

В настоящее время широко применяют понятие «структурное моделирование» и «структурные модели» [1–3]. При этом следует отметить существенное различие и применение таких моделей. При внимательном рассмотрении следует отметить, что часто такой метод моделирования является разновидностью качественного анализа. Поэтому метод структурного моделирования трактуют разнообразно. Например, в [1] дают такую интерпретацию: «построение и модификация организационных структур экономических и других систем и оптимизация структурных связей». Сводить все к организационным структурам означает сужение объема понятия. В то же время более важным является нахождение самих структурных связей. Наряду со структурным моделированием существует терминологически схожее, но в сущностном плане другое направление моделирования с помощью структурных уравнений (*structural equation modeling*) [3]. Это направление связано с методами многомерного анализа, которые применяют для анализа связей между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми факторами. Для оценки моделей структурных уравнений широко применяются два метода: ковариационный (Covariance-based Structural Equation Modeling, CB-SEM) и метод частичных наименьших квадратов (Partial Least Squares Structural Equation Modeling, PLS-SEM). CB-SEM использует статистическую модель для оценки и тестирования корреляций между зависимыми и независимыми переменными и скрытыми структурами между ними. Важное примечание: CB-SEM предполагает, что конструкции являются общими факторами, и оценивает модель соответствующим образом. Метод PLS-SEM представляет собой последовательность регрессий в терминах весовых векторов, используется для объяснения модели структуры и анализа взаимосвязи между влияющими факторами. Широко применяют структурное моделирование для импакт-анализа или причинно-следственного анализа [4]. Структурный анализ распространяют на нечеткие факторы и нечеткие условия [5]. Нечеткое принятие решений используется для прогнозирования ущерба и уязвимости объектов реальности. Основными факторами, влияющими на качество моделей реальных объектов, являются диверсификация, когнитивная неопределенность [6] и нечеткость. Указанные факторы затрудняют анализ изменений по структурам связей, вызывают необходимость переделки общей структурной схемы.

Целью работы является создание интегративного подхода, позволяющего независимо модифицировать структурную модель в информационном поле и получать новую композицию вместо переделки общей структурной схемы.

Образы информационного поля

Информационное поле есть интегральная модель реальности [7], в которой все объекты реальности переносятся в единую среду и общую информационную модель и имеют свои образы. Частичной аналогией информационного поля может служить фотоснимок реальности. На фотоснимке изображаются качественно разные объекты: люди, животные, стационарные сооружения, подвижные объекты и псевдообъекты типа тени от сооружения. Снимок является плоской моделью трехмерной реальности. По одному снимку нельзя восстановить объемные объекты. Но по двум снимкам, полученным с разных точек фотографирования, можно строить объемные модели объектов реальности. Однако такая аналогия является неполной, поскольку информационное поле содержит внутри себя отношения и неявные параметры, которые позволяют извлекать неявное знание и закономерности. Более полное сравнение информационного поля можно провести с множеством снимков на общую местность. Обработка пар снимков в разных комбинациях позволяет получать параметры, которые по одному снимку получить нельзя. Более точное сравнение информационного поля можно провести со снимками, которые получают в процессе аэрофотосъемки и по которым строят карты и модели местности.

Поскольку объекты реальности переносятся в информационное поле, то уместно назвать их модели в информационном поле информационными образами по аналогии со снимками. Информационный образ – это отражение параметров реального объекта в информационном поле с помощью информационно-измерительных систем [8; 9]. Информационный образ можно рассмотреть как вид упрощенной информационной модели. Обычно информационная модель строится с использованием

рецепции информации [10; 11]. Человек что-то упрощает и что-то добавляет исходя из признаков существенности использования информационной модели для конкретной задачи. На рисунке 1 показан процесс формирования информационных образов. Он может быть представлен с помощью следующей формальной записи:

$$IM(\text{Объект}) \rightarrow \text{ИнОб.} \quad (1)$$

В выражении (1) и на рисунке 1 приняты следующие обозначения: IM – информационный морфизм; ИнОб – обобщенная процедура преобразования объекта в образ информационного поля.

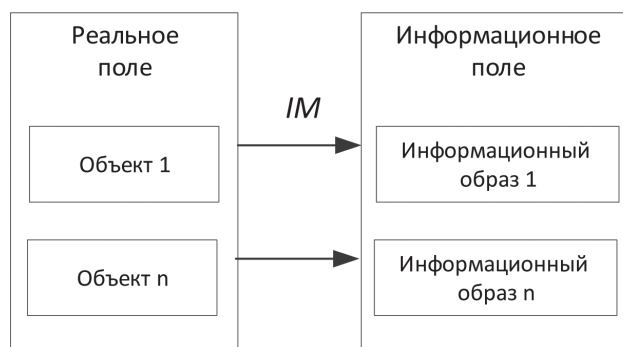


Рисунок 1 – Схема формирования информационных образов

В зависимости от выбора параметров поля возможны разные модели информационных образов. На рисунке 2 показана скалярная модель информационного поля или скалярное информационное поле.

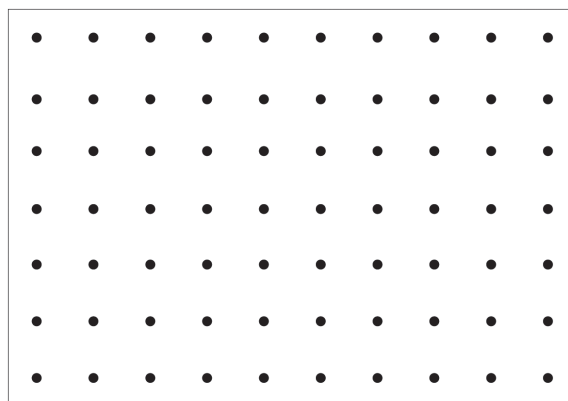


Рисунок 2 – Информационный образ скалярного информационного поля

Информационный образ скалярного информационного поля формируется путем вычисления значений в каждой точке поля. Оно имеет формальную запись вида:

$$EF = f1(x, y). \quad (2)$$

В выражении (2) EF – значение скалярной функции $f1$ в точке поля (x, y) .

На рисунке 3 показана векторная модель информационного поля или векторное информационное поле.

Образ информационного поля формируется путем вычисления модуля вектора и направления вектора в каждой точке поля. Оно имеет формальную запись вида:

$$V(A, x, y) = f2(x, y, v_x, v_y). \quad (3)$$

В выражении (3) $V(x, y)$ – значение вектора в точке поля (x, y) ; $f2$ – векторная функция; A – модуль вектора; (v_x, v_y) – компоненты элементарного вектора по осям. Рисунки 2 и 3 отражают характеристики информационного поля. Информационное поле содержит информационные образы реальных объек-

тов, что создает неоднородность. Эта неоднородность находится с применением кластерного анализа и выделением однородных объектов по заданному признаку ареалов. На рисунке 4 показана ареальная модель информационного поля или образно-объектное информационное поле.

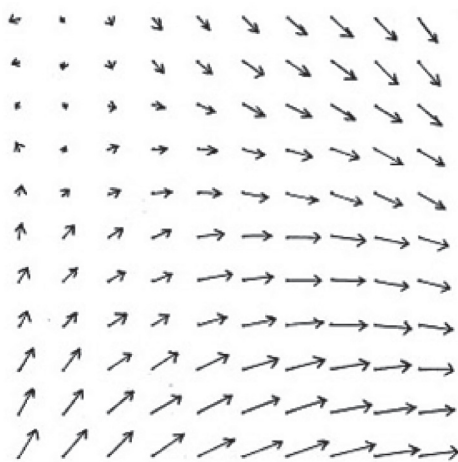


Рисунок 3 – Информационный образ векторного информационного поля

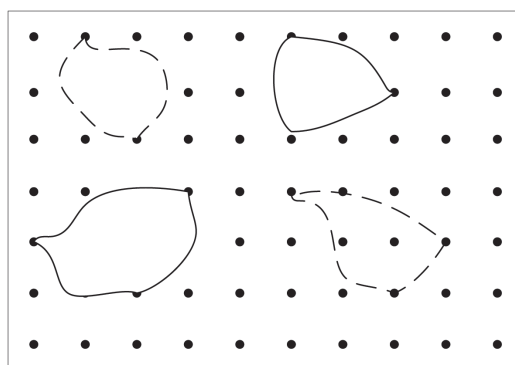


Рисунок 4 – Информационные образы ареалов в информационном поле

Информационные образы могут быть четкими и нечеткими. Нечеткость обычно характеризуется размытостью границ. На рисунке 4 нечеткие образы имеют пунктирные границы, а четкие образы имеют сплошные границы. Структурный анализ требует нахождения связей, например, с применением корреляционного анализа.

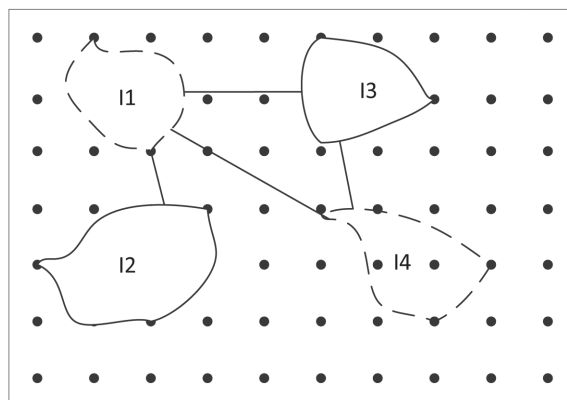


Рисунок 5 – Формирование структуры

На рисунке 5 связи показаны линиями, соединяющими найденные ареалы. Следующим этапом является нахождение причинно-следственных зависимостей в этих связях. На рисунке 6 приведена общая схема структурного моделирования в информационном поле.



Рисунок 6 – Технологическая схема структурного моделирования в информационном поле

Особенностью данной технологии является обязательная систематизация или координация элементов поля на начальном этапе. Координация или создание координатной системы требуется при обработке пространственной информации и построении пространственных образов в информационном поле. В общем схема на рисунке 6 подобна технологии построения карт в геоинформатике при помощи геоинформационных систем. Поэтому технология структурного моделирования в информационном поле реализуется также с помощью информационной системы. Каждый этап, начиная со второго по пятый, по существу, формирует информационный слой. Информационные слои задают стратификацию технологии или системы [12]. Информационный слой содержит образы одного типа или одной категории. Результатом моделирования является композиция информационных слоев, которая описывает структуру и среду, а не только структуру, как в обычном структурном моделировании. Схема на рисунке 6 может быть интерпретирована как категориальный анализ и категориальная композиция.

Заключение

Информационные образы в информационном поле делятся на две большие категории: пространственные и параметрические. Информационные пространственные образы отражают пространственные объекты. Информационные параметрические образы отражают непространственные объекты, например, состояние производства или состояние технологического процесса. Традиционные методы структурного моделирования используют функциональный и объектно-ориентированный подходы. Предложенный интегративный подход использует свойства информационного поля в сочетании с агрегативным и стратифицированным подходами к построению структуры. Результатом моделирования является композиция информационных слоев. Информационный слой можно рассматривать как агрегат и как самостоятельную информационную модель, применимую для построения других структурных схем. Такой подход позволяет независимо модифицировать и корректировать каждый информационный слой и получать новую композицию вместо переделки общей структурной схемы. Первые три этапа на рисунке 6 обеспечивают сопоставимость анализа и построения структурных схем в данной

области пространства. Проведенный анализ позволяет решать задачи четкого и нечеткого построения структур, например, когнитивных карт.

Предлагаемый интегративный подход можно рассматривать как инструмент качественного и количественного анализа. Качественный анализ рассмотрен в данной статье. Количественный анализ применяется при систематизации, функциональных вычислениях и композиции образов и представляет отдельную тему исследования.

Список литературы

1. Данелян Т.Я. Структурное моделирование // Статистика и экономика. – 2014. – № 6. – С. 166–169.
2. Глезман Л.В., Урасова А.А., Щеглов Е.В. Структурное моделирование развития машиностроительного производства в промышленности региона в эпоху Индустрии 4.0 // Креативная экономика. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 1593–1604.
3. Hair Jr J.F. et al. An introduction to structural equation modeling // Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: a workbook. – 2021. – С. 1–29.
4. Harsono I., Jusatria, Indraprasta R., Henri Kusnadi I., & Rohman S. Application of Dynamic Structural Model to Identify Factors That Influence Capital Adjustments in The National Manufacturing Industry // Jurnal Informasi Dan Teknologi. – 2024. – No. 6 (2). – P. 29–33.
5. Li S.Q. A simplified prediction model of structural seismic vulnerability considering a multivariate fuzzy membership algorithm // Journal of Earthquake Engineering. – 2024. – Vol. 28, No. 3. – P. 707–730.
6. Tsvetkov V.Ya. Cognitive Science of Information Retrieval // European Journal of Psychological Studies. – 2015. – Vol. 1, No. 5. – P. 37–44.
7. Tsvetkov V. et al. The Information Field as an Integral Model // Computer Science On-line Conference. – Cham: Springer International Publishing, 2023. – P. 174–183.
8. Рубинов В.В. Информационно-измерительные системы в технологическом процессе работы с твердыми коммунальными отходами // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии: материалы Четвертой Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 04–21 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 249–253.
9. Цветков В.Я. Информационно-измерительные системы и технологии в геоинформатике. – Москва: МАКС Пресс, 2016. – 94 с.
10. Джорова С.М. Рецепция, перцепция и апперцепция при интерактивной обработке в геоинформационных системах // Славянский форум. – 2022. – № 4 (38). – С. 25–33.
11. Цветков В.Я. Рецепция информации // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 1 (13). – С. 121–129.
12. Гимранов Р.Д. Стратификация информационных систем // Вестник кибернетики. – 2016. – № 1 (21). – С. 57–62.

References

1. Danelyan T.Ya. Strukturnoe modelirovanie // Statistika i ekonomika. – 2014. – № 6. – S. 166–169.
2. Glezman L.V., Urasova A.A., Shcheglov E.V. Strukturnoe modelirovanie razvitiya mashinostroitel'nogo proizvodstva v promyshlennosti regiona v epohu Industrii 4.0 // Kreativnaya ekonomika. – 2022. – T. 16, № 4. – S. 1593–1604.
3. Hair Jr J.F. et al. An introduction to structural equation modeling // Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: a workbook. – 2021. – S. 1–29.
4. Harsono I., Jusatria, Indraprasta R., Henri Kusnadi I., & Rohman S. Application of Dynamic Structural Model to Identify Factors That Influence Capital Adjustments in The National Manufacturing Industry // Jurnal Informasi Dan Teknologi. – 2024. – No. 6 (2). – P. 29–33.
5. Li S.Q. A simplified prediction model of structural seismic vulnerability considering a multivariate fuzzy membership algorithm // Journal of Earthquake Engineering. – 2024. – Vol. 28, No. 3. – P. 707–730.
6. Tsvetkov V.Ya. Cognitive Science of Information Retrieval // European Journal of Psychological Studies. – 2015. – Vol. 1, No. 5. – P. 37–44.
7. Tsvetkov V. et al. The Information Field as an Integral Model // Computer Science On-line Conference. – Cham: Springer International Publishing, 2023. – P. 174–183.

8. *Rubinov V.V.* Informacionno-izmeritel'nye sistemy v tekhnologicheskom processe raboty s tverdymi kommunal'nymi othodami // *Aerokosmicheskoe priborostroenie i ekspluatacionnye tekhnologii: materialy Chetvertoj Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Sankt-Peterburg, 04–21 aprelya 2023 goda.* – Sankt-Peterburg, 2023. – S. 249–253.
9. *Cvetkov V.Ya.* Informacionno-izmeritel'nye sistemy i tekhnologii v geoinformatike. – Moskva: MAKS Press, 2016. – 94 s.
10. *Dzhorova S.M.* Recepciya, percepciya i appercepciya pri interaktivnoj obrabotke v geoinformacionnyh sistemah // *Slavyanskij forum.* – 2022. – № 4 (38). – S. 25–33.
11. *Cvetkov V.Ya.* Recepciya informacii // *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii.* – 2016. – № 1 (13). – С. 121–129.
12. *Gimranov R.D.* Stratifikaciya informacionnyh sistem // *Vestnik kibernetiki.* – 2016. – № 1 (21). – S. 57–62.

Статья поступила в редакцию: 23.01.2025

Received: 23.01.2025

Статья принята в печать: 10.03.2025

Accepted: 10.03.2025