

УДК 372.891

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ ПОЛЕ**Болбаков Роман Геннадьевич¹,***канд. техн. наук, доцент, e-mail: antaros05@ya.ru,**¹Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва, Россия*

Статья исследует преобразования в геоинформационном поле. Рассмотрен морфизм в геоинформационном поле как обобщение многих преобразований. Показано различие между преобразованием в поле и информационным взаимодействием. Вводится понятие “геоинформационное поле” как деривация понятия информационного поля. Раскрывается содержание геоинформационного поля, которое находится в реальном пространстве и в котором осуществляются следующие операции и функции: детектирование, фиксация и измерение физических и пространственных характеристик, а также сбор семантической информации об объектах исследования. Показано сходство между информационным полем и геоинформационным полем, отмечается их принципиальное отличие в отношении с координатным пространством. Рассмотрен морфизм в геоинформационном поле как обобщение преобразований. Рассмотрено понятие морфизма применительно к теории категорий. Показано, что морфизм в геоинформационном поле является средством формального описания и обобщения ряда информационных и геоинформационных процессов. Приведены примеры морфизмов в геоинформационном поле и категорий в геоинформационном поле.

Ключевые слова: информационное поле, информационное пространство, геоинформационное поле, категории, морфизм, преобразования

TRANSFORMATIONS IN THE GEOINFORMATION FIELD**Bolbakov R.G.¹,***candidate of technical sciences, Associate Professor,**e-mail: antaros05@ya.ru,**¹Russian Technologies University (RTU MIREA), Moscow, Russia*

The article examines transformations in the geoinformation field. Morphism in the geoinformation field is considered as a generalization of many transformations. The difference between transformation in the field and information interaction is shown. The concept of “geoinformation field” is introduced as a derivation of the concept of an information field. The article reveals the content of the geoinformation field, which is located in real space and in which the following operations and functions are performed: detection, fixation and measurement of physical and spatial characteristics, as well as the collection of semantic information about the objects of research. The similarity between the information field and the geoinformation field is shown, their fundamental difference in relation to the coordinate space is noted. Morphism in the geoinformation field is considered as a generalization of transformations. The concept of morphism is considered in relation to the theory of categories. It is shown that morphism in the geoinformation field is a means of formal description and generalization of a number of information and geoinformation processes. Examples of morphisms in the geoinformation field and categories in the geoinformation field are given

Keywords: information field, information space, geoinformation field, categories, morphism, transformations

DOI 10.21777/2500-2112-2021-2-42-49

Введение

Необходимо различать понятия «информационное поле» и «геоинформационное поле», «преобразования в информационном поле» и «информационные взаимодействия» в информационном поле. Понятие информационного поля [1, 2] тесно связано с понятием информационного пространства [3, 4]. Информационное пространство в общем случае есть описание объекта (процесса) или дескриптивная модель. Информационное поле описывает содержательную составляющую пространства. Геоинформационное поле является развитием понятия “информационное поле” и связано с геоинформационным пространством [5], геоинформатикой и науками о Земле. Информационное поле является обобщающим понятием и связано с разными информационными процессами, информационными отношениями [6] и информационными взаимодействиями [7]. Геоинформационное поле является реальным понятием и связано с реальными пространственными процессами, реальными пространственными взаимодействиями [8] и пространственными отношениями [9]. Геоинформационное поле находится в реальном пространстве и в нем осуществляются следующие операции и функции: детектирование, фиксация и измерение физических и пространственных характеристик, а также сбор семантической информации об объектах исследования. Информационное поле и геоинформационное поле имеют общую характеристику пространства, которую называют полевой переменной, но более точно полевой функцией.

Принципиальным различием между информационным полем и геоинформационным полем является отношение с координатным пространством. Информационное поле может не включать координатное информационное пространство. Геоинформационное поле включает его всегда. Геоинформационное поле служит источником получения информации для геоинформационного моделирования [7] и для обработки информации в геоинформационных системах. Примером геоинформационного поля является спутниковое навигационное поле [11], в котором с помощью физической спутниковой аппаратуры измеряют трехмерные координаты на основе полевой функции. Следующим этапом преобразований является формирование геоданных. Геоданные [12] – это результат измерений в геоинформационном поле. Информационные взаимодействия в информационном поле есть активный процесс между двумя сущностями. Информационные преобразования в информационном поле есть пассивный процесс трансформации моделей, данных или систем.

1. Теория категорий и моделирование

Преобразования в геоинформационном поле можно рассматривать как процессы трансформации разных видов: физический, параметрический, информационный, координационный. Морфизм служит примером параметрических преобразований в информационном и геоинформационном поле. Преобразование координатных систем служит примером координационных преобразований только в геоинформационном поле.

При обобщенном анализе и моделировании, включая геоинформационный анализ и геоинформационное моделирование, используют качественные и количественные характеристики, а также категории. Понятие категории введено Аристотелем, но теория категорий сформировалась в последнее столетие. Теория категорий изучает свойства отношений между объектами, не зависящие от внутренней структуры объектов. В математике – это математические объекты, в информатике – информационные объекты, в геоинформатике – пространственные объекты и геоинформационные модели.

Теория категорий исследуется в математике [13]. Она находит применение в информатике [14], логике [15], теоретической физике [16], геоинформатике и других областях знаний. Современное изложение алгебраической геометрии и гомологической алгебры существенно опирается на понятия теории категорий. Понятия категорий также активно используются в программировании [17].

Теория категорий формализует математическую структуру с помощью ориентированного графа, называемого категорией. Узлы такого графа называют объектами, а помеченные направленные ребра – стрелками (или морфизмами) [13]. В соответствии с определением Eilenberg & Mac Lane [18] «Категория (C) – это совокупность Об абстрактных элементов, называемых *объектами* категории C, абстракт-

ных элементов Mor (карта), называемых *отображениями* категории C , и морфизмов, соединяющих объекты и отображения».

Теория категорий на основе обобщений делает возможным формулировать и доказать многие сложные математические и эмпирические результаты простым формальным способом [14].

Категория C – состоит из следующих четырех формальных объектов:

1. Класс объектов Ob_C или $\text{Ob}(C)$, элементы которого называют объектами.
2. Класс отображений объектов.
3. Класс $\text{Hom}_C(A, B)$ или $\text{Hom}(C)$, или f – элементы которого называют морфизмами или стрелками. Каждый морфизм f имеет исходный объект A и целевой объект B (рисунок 1).

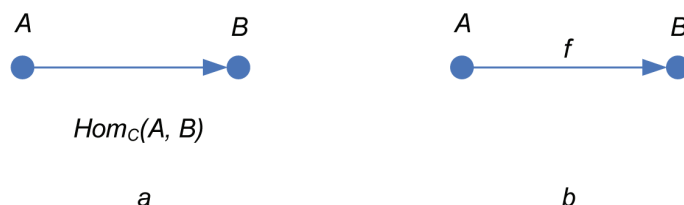


Рисунок 1 – Морфизм

На рисунке 1 ситуации a и b эквивалентны. На рисунке 1 a – объект категории, b – отображение категории, стрелка – морфизм. При этом каждому морфизму соответствуют единственные A и B . Выражение $f: A \rightarrow B$ означает « f – это морфизм от A к B ». Выражение $\text{Hom}_C(A, B)$ – альтернативно выражается как $\text{mor}(A, B)$ или $C(A, B)$ – обозначает *hom*-класс всех морфизмов из A в B .

4. Бинарная операция или композиция морфизмов такая, что для пары морфизмов $f: A \rightarrow B$ и $g: B \rightarrow C$ определена композиция $g \circ f: A \rightarrow C$ (рисунок 2).

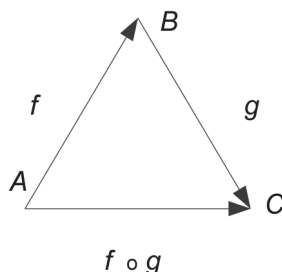


Рисунок 2 – Композиция морфизмов

Композиция подчиняется двум аксиомам:

- 1) ассоциативность, если $f: a \rightarrow b$, $g: b \rightarrow c$ и $h: c \rightarrow d$, то $h \circ (g \circ f) = (h \circ g) \circ f$;
- 2) идентичность. Для каждого объекта A задан тождественный морфизм $\text{id}_a: a \rightarrow a$, такой, что для любого морфизма $f: a \rightarrow b$, имеем $\text{id}_b \circ f = f = f \circ \text{id}_a$.

Из аксиом можно доказать, что для каждого объекта существует ровно один тождественный морфизм или морфизм идентичности. Рисунок 1 может интерпретироваться по-разному. Примеры:

- A – параметры объекта, B – результаты измерения параметров, $\text{Hom}_C(A, B)$ – процесс измерения параметров.
- A – изображение, B – скан изображения, f – процесс сканирования изображения.
- A – исходный фотоснимок, B – трансформированный фотоснимок, f – процесс трансформирования снимка.
- A – первичные измерения, B – унифицированные измерения, f – процесс унификации первичных измерений.

Класс объектов не обязательно является множеством в смысле аксиоматической теории множеств. Категория \mathcal{C} , в которой $Ob_{\mathcal{C}}$ является множеством и $Hom(\mathcal{C})$ (совокупность всех морфизмов категории), является множеством, называется малой категорией.

2. Примеры категорий в геоинформационном поле и связанных с ними морфизмов

Set – категория множеств. Объектами в этой категории являются множества, морфизмами – отображения множеств.

Data – категория данных. Объектами в этой категории являются данные, морфизмами — отображения данных или преобразования данных.

Geodata – категория геоданных. Объектами в этой категории являются данные, морфизмами – отображения геоданных.

Model – категория моделей. Объектами в этой категории являются модели, морфизмами – отображения моделей, преобразование моделей в новые модели.

Information model – категория информационных моделей. Объектами в этой категории являются информационные модели, морфизмами – информационные преобразования, информационные взаимодействия, информационные отношения.

Spatial information situation – категория пространственных информационных ситуаций. Объектами в этой категории являются информационные ситуации, морфизмами – пространственные ситуационные преобразования, пространственные отношения.

Spatial 3D model – категория пространственных трехмерных моделей. Объектами в этой категории являются трехмерные пространственные модели, морфизмами – пространственные преобразования (в частности, прямая и обратная засечка).

Spatial 2D model – категория пространственных плоских моделей. Объектами в этой категории являются плоские модели и плоские изображения, морфизмами – пространственные преобразования (трансформирование, сканирование, улучшение качества изображений, обработка изображений).

Geoinformation model – категория геоинформационных моделей. Объектами в этой категории являются геоинформационные модели, морфизмами – геоинформационные преобразования и геоинформационное моделирование.

Digital model – категория цифровых моделей. Объектами в этой категории являются цифровые модели, морфизмами – цифровые преобразования.

Grp – категория групп. Объектами являются группы, морфизмами – отображения, сохраняющие групповую структуру (гомоморфизмы групп).

VectK – категория векторных пространств над полем K . Морфизмы – линейные отображения.

Top – категория топологических пространств. Морфизмы – непрерывные (конформные) отображения (например, преобразования картографических проекций).

Частично упорядоченное множество – категория, объектами которой являются элементы множества, причём между элементами x и y существует единственный морфизм тогда и только тогда, когда $x \leq y$. Морфизмы – качественные и количественные отношения.

Met – категория, объектами которой являются метрические пространства, а морфизмами – короткие отображения.

3. Коммутативные диаграммы

Стандартным способом описания преобразований в информационном поле служат коммутативные диаграммы в теории категорий. Эти диаграммы применимы в информационном и геоинформационном поле. Коммутативная диаграмма – это ориентированный граф, в вершинах которого находятся объекты, а стрелками являются морфизмы, причём результат композиции стрелок не зависит от выбранного пути. Например, аксиомы теории категорий (ассоциативность композиции и свойство тождественного морфизма) можно записать с помощью диаграмм. С позиции информационного и гео-

информационного поля коммутативная диаграмма может быть рассмотрена как динамическая информационная ситуация [13, 20].

С позиций извлечения знаний коммутативная диаграмма (рисунок 3) может быть рассмотрена как механизм описания извлечения неявных знаний [21, 22].

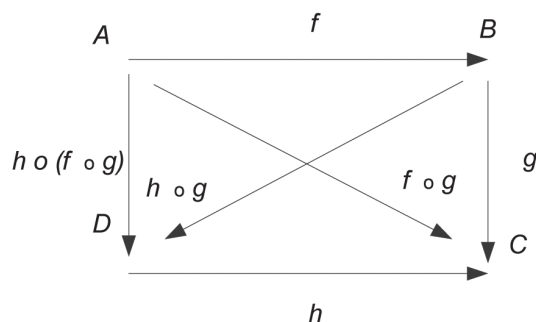


Рисунок 3 – Коммутативная диаграмма

Двойственность. Для категории C можно определить двойственную категорию C^{op} , в которой:

- объекты совпадают с объектами исходной категории;
- морфизмы получаются «обращением стрелок»: $Hom_{C^{op}}(B, A) \approx Hom_C(A, B)$.

Принцип двойственности гласит, что для любого утверждения теории категорий можно сформулировать двойственное утверждение с помощью обращения стрелок, при этом истинность утверждения не изменится. Часто двойственное понятие обозначается тем же термином с приставкой ко-, например, синус – косинус; тангенс – котангенс, ковариантный вектор – контравариантный вектор. Например, контравариантный вектор – вектор столбец, ковариантный вектор – вектор строка.

4. Произведение и сумма категориальных объектов

Произведение объектов может менять категорию, а сумма ее сохраняет. Произведение пары объектов A и B – это объект $(A \times B)$ с морфизмами $p_1: A \times B \rightarrow A$ и $p_2: A \times B \rightarrow B$, такими, что для любого объекта C с морфизмами $f_1: C \rightarrow A$ и $f_2: C \rightarrow B$ существует единственный морфизм $h: C \rightarrow A \times B$, такой, что диаграмма, изображённая на рисунке 4, коммутативна.

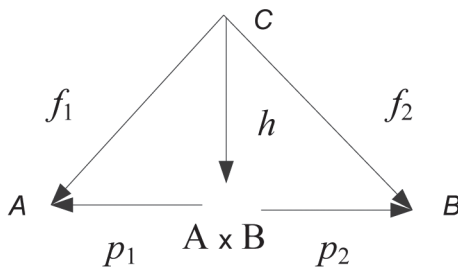


Рисунок 4 – Произведение категориальных объектов

Морфизмы $p_1: A \times B \rightarrow A$ и $p_2: A \times B \rightarrow B$ называют проекциями в процессуальном смысле. Пример: в категории Set произведение A и B – это прямое произведение в смысле теории множеств $A \times B$. В категории $Data$ произведение X, Y, Z – это прямое произведение или Декартова система координат $X \times Y \times Z$. Морфизмы $p_1: X \times Y \times Z \rightarrow X$, $p_2: X \times Y \times Z \rightarrow Y$, $p_3: X \times Y \times Z \rightarrow Z$ называются проекциями. Морфизм в декартовой системе координат есть проекция пространственного объекта в плоскость (не обязательно координатную). Морфизмы – проекции изменяют категорию.

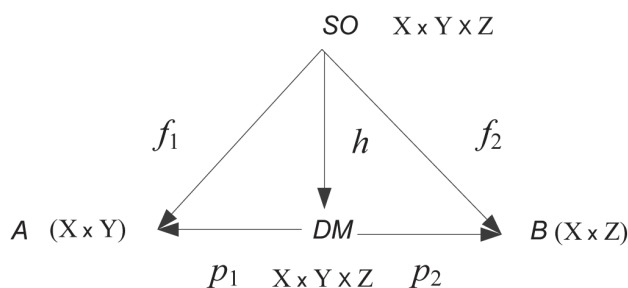


Рисунок 5 – Категории пространственных преобразований

На рисунке 5 $SO(X \times Y \times Z)$ – пространственный трехмерный объект, морфизм $f_1: SO \rightarrow A$ – аэрофотосъемка, морфизм $f_2: SO \rightarrow B$ – наземная фотосъемка, морфизм $h: SO \rightarrow DM$ – построение пространственной цифровой модели в мобильном лазерном сканировании. Фотосъемка наземная f_2 или воздушная f_1 меняет категорию. Мобильное лазерное сканирование h сохраняет категорию.

Заключение

Геоинформационное поле является разновидностью информационного поля и геоинформационного пространства. Морфизм в геоинформационном поле является одним из видов преобразований. Оно дополняет информационное воздействие и информационное взаимодействие. Морфизм в геоинформационном поле является средством формального описания и обобщения ряда информационных и геоинформационных процессов, сохраняющих структуру исходного объекта при его преобразовании в карту. Механизм описания морфизма позволяет выполнять анализ технологий и процессов в геоинформационном поле. Морфизм в геоинформационном поле позволяет обобщать и объединять разные технологии в единую схему.

Список литературы

1. Майоров А.А. Информационное поле // Славянский форум. – 2013. – № 2(4). – С. 144–150.
2. Tsvetkov V.Ya. Information Space, Information Field, Information Environment // European researcher. – 2014. – № 8-1(80). – Р. 1416–1422.
3. Тымченко Е.В. Информационное пространство образовательного учреждения // Славянский форум. – 2014. – № 2 (6). – С. 129–133.
4. Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №1-3. – С. 455–456.
5. Матчин В.Т. Интегрированное геоинформационное пространство // Славянский форум. – 2018. – № 3(21). – С. 21–27.
6. Tsvetkov V.Ya. Information Relations // Modeling of Artificial Intelligence. – 2015. – № 4(8). – Р. 252–260.
7. Елсуков П.Ю. Анализ отношения и взаимодействия в информационном поле // Славянский форум. – 2019. – № 1(23). – С. 110–115.
8. Целых Т.Н. Региональная социально-экономическая система как система пространственного взаимодействия потребителей ресурсов территории // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – № 2 (96).
9. Цветков В.Я. Виды пространственных отношений // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 5. – С. 138–140.
10. Андреева О.А. Геоинформационное моделирование // Славянский форум. – 2019. – № 2(24). – С. 7–12.
11. Цветков В.Я. Спутниковое навигационное поле // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №3-3. – С. 502.
12. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 84. – № 5. – Р. 365–368. DOI: 10.1134/S1019331614050049
13. Хелемский А.Я. Лекции по функциональному анализу. – М.: изд. МЦНМО, 2014. – 561 с.

14. *Rydeheard D.E., Burstall R.M.* Computational Category Theory, Prentice – Hall International, Englewood Cliffs. – NJ (1988).
15. *Голдблатт Роберт.* Топосы. Категорный анализ логики; Пер. с англ.: В.Н. Гришин, В.В. Шокуров; Ред.: Д.А. Бочвар. – М.: Мир, 1983. – 486 с.
16. *Родин А.В.* Теория категорий и поиски новых математических оснований физики // Вопросы философии. – 2010. – №7. – С. 67–81.
17. *Barr M., Wells C.* Category theory for computing science. – Canada: TAC, 2012 (No. 22). – 538 p., eBook, English (Free Published).
18. *Eilenberg S., MacLane S.* Cohomology theory in abstract groups, I. *Annals of mathematics.* – 1947. – Vol. 48. – № 1. – P. 51–78.
19. *Цветков В.Я.* Модель информационной ситуации // Перспективы науки и образования. – 2017. – №3(27). – С. 13–19.
20. *Потанов А.С.* Информационная ситуация и информационная позиция в информационном поле // Славянский форум. – 2017. – № 1(15). – С. 283–289.
21. *Цветков В.Я.* Анализ неявного знания // Перспективы науки и образования. – 2014. – №1 (7). – С. 56–60.
22. *Кудж С.А.* Неявные знания в информационном поле // Славянский форум. – 2018. – № 3(21). – С. 14–20.

References

1. *Majorov A.A.* Информационное поле // Slavyanskij forum. – 2013. – № 2(4). – S. 144–150.
2. *Tsvetkov V.Ya.* Information Space, Information Field, Information Environment // European researcher. – 2014. – № 8-1(80). – P. 1416–1422.
3. *Тумченко Е.В.* Информационное пространство образовательного учреждения. // Slavyanskij forum. – 2014. – № 2 (6). – S. 129–133.
4. *Tsvetkov V.Ya.* Информационное поле и информационное пространство // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2016. – №1-3. – S. 455–456.
5. *Matchin V.T.* Интегрированное геоинформационное пространство // Slavyanskij forum. – 2018. – № 3(21). – S. 21–27.
6. *Tsvetkov V.Ya.* Information Relations // Modeling of Artificial Intelligence. – 2015. – № 4(8). – P. 252–260.
7. *Elsukov P.Yu.* Analiz otnosheniya i vzaimodejstviya v informacionnom pole // Slavyanskij forum. – 2019. – № 1(23). – S. 110–115.
8. *Celyh T.N.* Regional'naya social'no-ekonomicheskaya sistema kak sistema prostranstvennogo vzaimodejstviya potrebitelej resursov territorii // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyj nauchnyj zhurnal. – 2017. – № 2 (96).
9. *Tsvetkov V.Ya.* Vidy prostranstvennyh otnoshenij // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2013. – № 5. – S. 138–140.
10. *Andreeva O.A.* Геоинформационное моделирование // Slavyanskij forum. – 2019. – № 2(24). – S. 7–12.
11. *Tsvetkov V.Ya.* Sputnikovoe navigacionnoe pole // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2016. – №3-3. – S. 502.
12. *Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya.* Geodata As a Systemic Information Resource. *Herald of the Russian Academy of Sciences.* – 2014. – Vol. 84. – № 5. – P. 365–368. DOI: 10.1134/S1019331614050049
13. *Helemskij A.Ya.* Lekcii po funkcional'nomu analizu. – М.: izd. MCNMO, 2014. – 561 s.
14. *Rydeheard D.E., Burstall R.M.* Computational Category Theory, Prentice – Hall International, Englewood Cliffs. – NJ (1988).
15. *Goldblatt Robert.* Топосы. Категорный анализ логики; Пер. с англ.: В.Н. Гришин, В.В. Шокуров; Ред.: Д.А. Бочвар. – М.: Мир, 1983. – 486 с.
16. *Rodin A.V.* Teoriya kategorij i poiski novyh matematicheskix osnovanij fiziki // Voprosy filosofii. – 2010. – №7. – S. 67–81.
17. *Barr M., Wells C.* Category theory for computing science. – Canada: TAC, 2012 (No. 22). – 538 p., eBook, English (Free Published).

18. *Eilenberg S., MacLane S.* Cohomology theory in abstract groups, I. *Annals of mathematics.* – 1947. – Vol. 48. – № 1. – P. 51–78.
19. *Tsvetkov V.Ya.* Model' informacionnoj situacii // *Perspektivy nauki i obrazovaniya.* – 2017. – №3(27). – S. 13–19.
20. *Potapov A.S.* Informacionnaya situaciya i informacionnaya poziciya v informacionnom pole // *Slavyanskij forum.* – 2017. – № 1(15). – S. 283–289.
21. *Tsvetkov V.Ya.* Analiz neyavnogo znaniya // *Perspektivy nauki i obrazovaniya.* – 2014. – №1 (7). – S. 56–60.
22. *Kudzh S.A.* Neyavnye znaniya v informacionnom pole // *Slavyanskij forum.* – 2018. – № 3(21). – S. 14–20.