
УДК 910
ББК 26.0
В 18

Варшанина Т.П.

Кандидат биологических наук, доцент кафедры географии факультета естествознания, зав. центром интеллектуальных геоинформационных технологий Адыгейского государственного университета, тел. (8772) 59-39-44, e-mail: gic-info@yandex.ru

Перспективы прогнозирования экологически значимых природных опасностей на основе структурно-подобной модели геопространства
(Рецензирована)

Аннотация

Построение топологической структуры энергетических полей, выражаемых через градиенты структурообразующих параметров паттернов геопространства, открывает новые перспективы мониторинга и прогнозирования экологически значимых природных опасностей и создания интегрированных геоинформационных систем (ГИС).

Ключевые слова: *концепция построения интегрированной модели геопространства, топологическая структура энергетических полей геопространства, градиенты структурообразующих параметров географических паттернов, параметры порядка географических процессов, способы прогнозирования природных опасностей.*

Varshanina T.P.

Candidate of Biology, Associate Professor of Geography Department at Natural Science Faculty, Head of the Center of Intellectual Geoinformation Technologies of Adyghe State University, ph. (8772) 59-39-44, e-mail: gic-info@yandex.ru

Prospects of forecasting ecologically significant natural hazards on the basis of structurally-similar geospace models

Abstract

Construction of the energy field topological structure, expressed in terms of gradients of structure parameters of geospace patterns, opens new prospects for monitoring and prediction of natural hazards and for creation of integrated geographic information systems (GIS).

Key words: *concept of building an integrated model of geospace, the topological structure of the geospace energy fields, the structure parameter gradients of geographic patterns, the order parameters of geographic processes, methods of forecasting natural hazards.*

Обсуждение. Создание эффективных глобальных региональных систем мониторинга и прогноза различного назначения связывают с разработкой способов релевантного интегрирования в ГИС разнородных данных в науках о Земле на разных уровнях детализации географического пространства.

Исследования по созданию интегрированных ГИС сконцентрированы на разработке концептуальных моделей географических данных и структуре их представления средствами геоинформатики.

В этих исследованиях наметилось два направления. В одном из них интеграцию предлагается производить с помощью онтологии вне зависимости от используемых в качестве источников данных моделей географической реальности. Структурирование данных в таких ГИС основано на семантическом подходе и сконцентрировано на понятиях географических сущностей. Онтология при этом рассматривается только в качестве семантического инструмента, представляющего источник информации и облегчающего интеграционный процесс [1, 2].

В другом направлении ставится задача создания систематизированного набора географических сущностей и детализации их характеристик и связей [3], т.е. разработки сущностно-логической модели геопространства, относительно которой производится релевантная интеграция накапливаемых данных и знаний.

По всей видимости, интеграция данных и знаний наук о Земле на основе системы эмпирически объективных географических сущностей – наиболее эффективный путь разработки географических моделей, приближенных к реальности.

При этом создание приближенно подобной реальности модели геопространства возможно только в результате идентификации системы его сущностей на основе фундаментальных законов формирования мира в приложении к географическим процессам самоорганизации.

Опыт подобных разработок в смежных с географией отраслях науки уже имеется. Так, О.В. Мартынов [4] предлагает физико-математическую модель всеобъемлющей среды (ВС) в виде расслоенных асимметрично поляризованных пространств, соответствующих структурным уровням организации ВС от элементарных частиц до галактик. Каждый иерархический структурный уровень в системе ВС имеет свой центр поляризации. Динамические процессы в пространстве ВС осуществляются в соответствии с законами сохранения движения вследствие нелинейной асимметрии, присущей ВС на всех ее структурных уровнях. Все многообразные объекты ВС имеют свой цикл автоколебаний, характеризуемый определенным диапазоном частот, более высоким, чем частоты вмещающей системы, причем структурообразующими для более высоких уровней принимаются особо низкие частоты.

Так как каждый ранг расслоенного пространства имеет конкретные значения топологических частот колебаний объема, нарушение равновесия в каком-либо объекте может быть зафиксировано в конкретном диапазоне частот, характеризующих топологическое состояние объема данного объекта, и использовано для построения прогнозов.

Предложены принципы описания энергетических потенциалов неравновесной динамики поляризованной ВС через математические соотношения градиентов частот автоколебаний гравитационного поля, отображающих взаимодействия в иерархической системе всех объектов и процессов ВС как единого целого.

Рассматривая нашу планету как объем поляризованных пространств и применив разработанные физико-математические модели для построения топологической структуры вмещающего их энергетического поля, О.В. Мартынов предложил успешный способ прогнозирования землетрясений высокой магнитуды и синоптических событий.

Очевидна перспективность подхода моделирования окружающего мира в качестве иерархической структуры энергетических полей, формирующегося в рамках аппарата нелинейной физики и математики. Осуществление этого подхода применительно к системному анализу геопространства требует использования данных о его структурном строении.

В географии возможность применения подходов теории нелинейных колебаний для системного анализа и прогноза геопространственных процессов доказана в работах Ю.Г. Пузаченко [5]. В частности, при определении по данным двухмерного спектрального анализа аэрофотоснимков пространственной фрактальной ритмики рельефа. Расчет ее размерности показал, что выявленные иерархические уровни рельефа соответствуют структурам, порожденным нелинейным автоколебаниям.

Использование чрезвычайно перспективного аппарата теории динамических систем/теории катастроф для прогнозирования всего многообразия природных явлений на всех уровнях детализации геопространства в настоящее время затруднено вследствие отсутствия соответствующей поставленной задаче структурной модели географического пространства.

Концепция сущностно-логической модели геопространства

Один из возможных принципиальных подходов методологии построения модели и структуры данных, а также технологии реализации структурно-подобной сущностно-логической модели географических систем реализуется в виде интегрированной ГИС научных исследований на примере Республики Адыгея.

На основании известных положений системного анализа и теории нелинейных систем сформулированы постулаты отличительных свойств системной сущности геосистем, и на их платформе разработаны следующие основные положения концепции построения интегрированной модели географического пространства [6].

1. В связи с полихронностью природных процессов, разномасштабностью межкомпонентных связей, квазиавтономностью компонентов и другими особенностями системной сущности геосистем сущностно-логическая структурная модель геопространства строится в виде сквозной иерархии функционально взаимообусловленных эмпирически объективных пространственных единиц геокомпонентов и геосистем в целом.

2. Так как ведущим структурообразующим фактором геопространства признается пространственно-временная дифференциация энергетического поля, возникающего в результате интерференции потоков эндогенной и экзогенной энергии, структурно подобная модель геопространства на всех уровнях ее организации должна быть подобна структуре поля энергии в фокусе земной поверхности.

3. Экологические (природные) ниши паттернов геокомпонентов и геосистем должны иметь существенные отличия по параметрам эндогенного, потенциального экзогенного и реального полей энергии, отображающих энергетические емкость, мощность и насыщенность географических полей.

4. Так как структура эмпирически объективных единиц геокомпонентов и геосистем подобна структуре поля энергии в фокусе земной поверхности, градиенты структурообразующих параметров единиц геопространства интерпретируют топологическую структуру порождающего их поля энергии.

5. Мерой параметров порядка сущностно-логической структурно подобной модели геопространства признается градиент параметра, отображающего напряженность энергетического поля в пределах каждой искомой структуры.

6. Сравнительный анализ градиентных полей, являющихся мерой параметров порядка структурной организации геокомпонентов и геосистем в целом, предоставляет поле исследования для выявления закономерности сборки геосистем «снизу-вверх», процессов самоорганизации, самоформирования, появления у целого новых свойств, построения прогнозов.

7. Вследствие присущей природным системам высокой степени неопределенности при исследовании процессов самоорганизации геосистем и построении прогнозов необходимо привлекать эвристические методы, например, нейронные сети.

Построение прогнозов

Верификация положения о системообразующем значении градиентов структурообразующих параметров географических паттернов произведена на примере построения прогноза времени наступления и уровня паводка. В качестве предиктора прогноза предложено значение регионального градиента температуры. Как известно, градиент температуры является структурообразующим параметром всех гидрометеорологических процессов: формирования атмосферных вихрей и фронтов, движения воздушных масс и связанных с ними гидрометеорологических явлений – т.е. служит параметром

порядка гидрометеорологических процессов, интерпретирующим их пространственную энергетику.

При построении прогноза принято во внимание то, что барические образования представляют собой саморазвивающиеся энергетические вихри, перемещающиеся в атмосфере. Поэтому областью расчета регионального градиента температуры выбрана территория – локальная область поля температуры, по площади соответствующая горизонтальным размерам барических систем, с условием, что пункты прогнозирования находятся в центральной части выделенной области (рис. 1).

Для построения прогноза используется математическая модель нейронной сети. Структура математической модели нейронной сети – гибридная с каскадным подключением распределяющего слоя Кохонена и прогнозирующей двухслойной персептронной сети.

Входным вектором нейронной сети является ход ежесуточных признаков синоптической ситуации:

- значения регионального градиента поля температуры в точке прогнозирования, выраженного координатами в метрической мере;
- соответствующее значение уровня воды гидропоста в сантиметрах за предшествующие восемь дней.

Для выявления кластеров, описывающих классы признаков хода синоптической ситуации и уровней воды в точке прогнозирования, используются среднесуточные данные по уровням воды и вычисляемый региональный градиент температуры в точке прогнозирования за период естественного изменения климатической системы – предыдущие 20 лет.

В процессе обучения нейросети слой Кохонена накапливает информацию о классах признаков хода синоптической ситуации, выявленных по подобию и преобладанию, что крайне важно в условиях стохастичности природных систем, и формирует кластеры.

Персептронная сеть автоматически сопоставляет входным сигналам, отнесенным к конкретным кластерам, соответствующие им режимы хода градиента температуры и уровней воды.

Вектор на выходе второго слоя персептронной сети состоит из нейронов, содержащих значения прогнозируемых параметров: градиента температуры (координаты x и y) и уровня воды.

Персептронная сеть находит зависимости в данных, которые не обнаруживаются стандартными статистическими методами, и строит прогноз хода уровня воды и регионального градиента поля температуры (рис. 2).

Описанным способом получают прогноз на следующие сутки. Сдвигом вперед на сутки и путем добавления во входной вектор уже спрогнозированных значений можно получить прогноз на 2, 3, 4 и т.д. суток.

Результаты проиллюстрированного способа прогнозирования времени наступления и уровня паводка свидетельствуют о перспективности использования величины градиента структурообразующего параметра как для прогнозирования природных процессов, так и для построения топологической структуры энергетических полей, отвечающих за формирование географических паттернов.

Вследствие этого векторный способ отображения топологической структуры эндогенного энергетического поля через градиент структурообразующего гипсометрического параметра рельефа использован также для построения системной геодинамической модели на территории неограниченной площади, перспективной для детального исследования и прогнозирования тектоно-сейсмических движений, провоцирующих, как известно, катастрофические геоэкологические процессы.

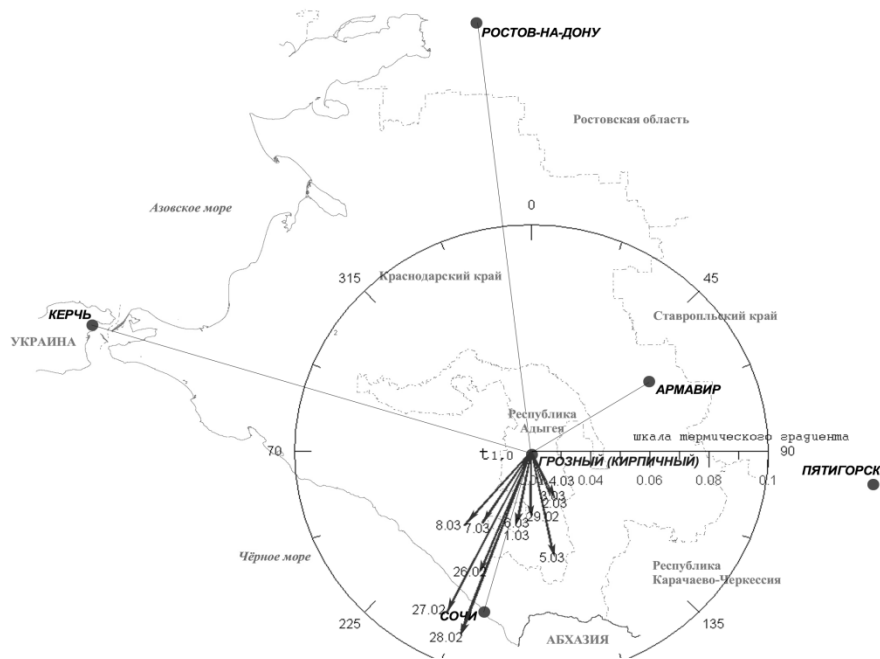


Рис. 1. Ход регионального градиента температуры в пункте прогнозирования за период с 26.02.2004 г. по 08.03.2004 г.

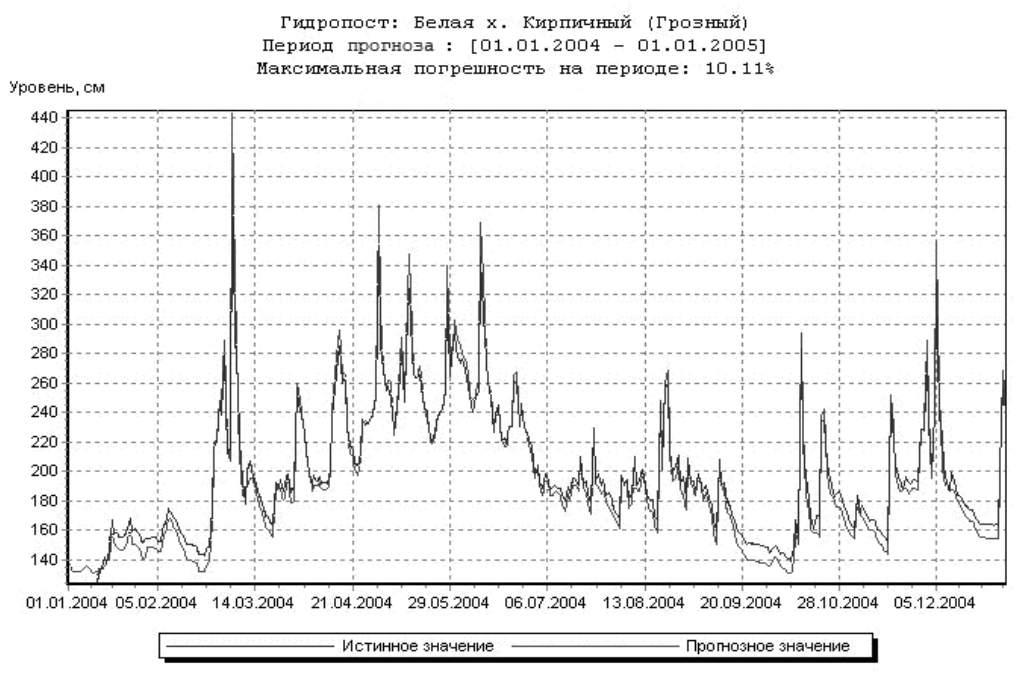


Рис. 2. График прогноза даты и значений уровня подъема воды

Принципиальным основанием создания эмпирически объективной геодинамической модели является ее подобие структуре эндогенного поля энергии в фокусе земной поверхности. Соблюдение этого принципа обеспечивает возможность определения:

– параметров, интерпретирующих пространственную структуру эндогенного поля энергии в фокусе земной поверхности, и закономерности ее соответствия (подобия)

конкретным геодинамическим обстановкам;

- исторической динамики структуры эндогенного поля энергии в фокусе земной поверхности, соответствующей сейсмическим событиям;
- самоподобных ситуаций хода тектонических напряжений и сейсмических проявлений для вычисления прогноза.

К базовым условиям прогнозирования на основе методологии теории динамических систем относится:

- создание эмпирически объективной иерархической структурной (практически приближенно подобной) модели объекта исследования;
- выявление продуктивных предикторов прогнозирования – параметров порядка структурной организации системы.

Для систем прогнозирования природных процессов, основанных на современных методах теории динамических систем, необходимы показатели-индикаторы:

- являющиеся мерой параметра порядка прогнозируемого процесса;
- являющиеся интегрированной мерой параметров нескольких характеристик прогнозируемого процесса;
- способные к агрегированию при прогнозировании поведения сложных систем;
- обладающие низким уровнем неопределенности.

Структурно-подобная геодинамическая модель территории строилась на основании следующих положений.

Так как по современным представлениям дробление земной коры на тектонические элементы происходит в результате тектонических, а по сути энергетических течений, формирующихся в результате интерференции пространственно-временной иерархической системы тектонических течений в мантии и земной коре [7], то принимается, что система тектонических элементов земной коры структурно-подобна пространственно-временной иерархической системе эндогенных потоков энергии.

Пространственно-временная иерархическая система тектонических элементов представлена тектоническими плитами, блоками и линеаменами с их геологическим строением и реологическими свойствами. Поле тектонических напряжений в геолого-тектонических образованиях земной коры формирует структурно-подобную им трехмерную геометрическую поверхность тектонического рельефа.

Взаимодействие тектонических элементов продуцирует неоднородное поле напряжений, в котором формируются области концентрации напряжений, так называемые блоки-концентраторы. Пространственно-временная структурная перестройка блоков-концентраторов определяется как величиной тектонического напряжения, так и реологическими свойствами блоков.

Разработанный В.П. Философовым [8] метод морфометрического анализа тектонических структур дает ключ к выявлению индикационных параметров рельефа, отображающих информацию о характере взаимодействия тектонических блоков.

Автор метода установил, что долины рек одного порядка имеют, как правило, одинаковый геологический возраст. Проведенные через тальвеги одновозрастных речных долин базисные поверхности фиксируют отметки высот конкретного геологического времени. Мощность слоя между базисными поверхностями указывает на смещение местности по вертикали за промежуток времени, прошедший между образованием долин разных порядков.

Известно, что в преимущественном порядке вертикальные движения характеризуются скоростью, превышающей скорость осадконакопления, и, следовательно, базисные поверхности можно рассматривать в качестве изопотенциальных поверхностей, фиксирующих с допустимой погрешностью положение поверхностей выравнивания в различные интервалы геологического времени.

Вследствие этого карты, отражающие мощность слоя между базисными поверхностями, несут информацию о скорости вертикальных движений за соответствующий период геологического времени. При этом положительные разности высот между базисными поверхностями соответствуют восходящим тектоническим движениям, а отрицательные – нисходящим.

На основании изложенного в качестве индикатора направления и интенсивности трендов исторического движения блока применяется величина и румб градиента наибольшего приращения/убывания мощности слоя земной коры за конкретный период геологического времени («разностный слой»). Румб градиента указывает на направление наиболее интенсивного взаимодействия соседних блоков, т.е. на направление движения блока, а величина отражает интенсивность их взаимодействия.

В соответствии с тем, что имеют место:

– структурное соответствие гипсометрических параметров рельефа и системы тектонических напряжений в реальной геологической среде с ее реологическими свойствами [8];

– взаимная зависимость и дополняемость процессов поступательного движения, вращения и деформации элементарных объемов геологической сплошной среды [7], справедливо утверждение, что градиент наибольшего приращения/убывания мощности слоя земной коры за конкретный период геологического времени является интегрированной мерой нескольких параметров: скорости движения блока, величины тектонического напряжения, поворотного момента блока, его реологических свойств.

Построение системной геодинамической модели территории Республики Адыгея произведено с помощью автоматизированного геоинформационного модуля [9].

Относительно автоматизировано ранжированной гидросети построены полибазисные поверхности 2, 3, 4 и 5 порядков, отражающие динамику поверхности рельефа за плиоцен-четвертичное время.

Исследована пространственно-временная дифференциация вертикальных движений территории по картам остаточного рельефа – полибазисным поверхностям соответствующего порядка.

Вычислена мощность «разностного слоя» между полибазисными поверхностями смежных порядков и динамика наибольшего градиента мощности «разностного слоя» каждого блока относительно его центра масс за плиоцен-четвертичное время.

Построенные градиентные поля соответствуют топологической структуре эндогенного поля энергии в фокусе земной поверхности, формирующегося в реальной геологической среде с присущими ей реологическими свойствами.

Анализ градиентного поля мощности «разностного слоя», интерпретируемого относительно блокового строения территории, показывает логичную, соответствующую современным представлениям о тектонических процессах на территории исследования историческую картину движения и взаимодействия блоков и подтверждает инструментальные данные о пульсационном характере тектонических взаимодействий, позволяет однозначно выделять блоки концентраторы наибольших тектонических напряжений (рис. 3).

Мощность «разностного слоя» можно отобразить в виде изогипсопахит – изолиний равной мощности. Расчет наибольшего градиента мощности «разностного слоя» относительно изогипсопахит по углам прямоугольной сетки со стороной 250 м показал возможность отображения характера дифференциации тектонических напряжений в пределах тектонических элементов в их исторической динамике, оценки величины тектонического напряжения в точках его наибольшего приложения (рис. 4).



Рис. 3. Градиентное поле тектонических напряжений горной части Адыгеи

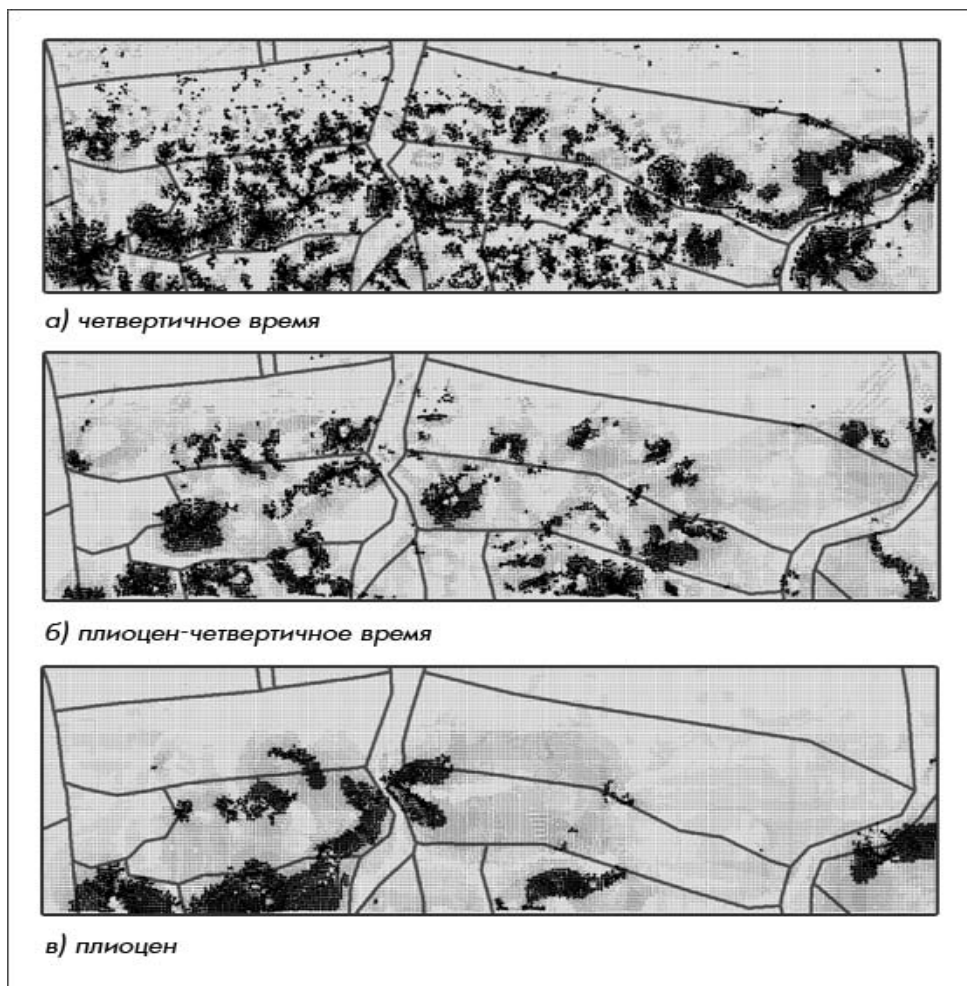


Рис. 4. Дифференциация поля тектонических напряжений в тектонических элементах, выраженная через наибольший градиент мощности «разностного слоя»

Воссоздание топологической структуры эндогенного поля энергии в виде пирамиды детализации с помощью градиента структурообразующего параметра рельефа позволяет применить инструменты теории ТДС для прогнозирования тектонических движений различной интенсивности и сейсмических проявлений различной магнитуды. Открываются возможности определения вклада блоковой динамики в экологическую составляющую геоморфологических процессов.

Заключение

Разработанные модели свидетельствуют о том, что принцип структурного подобия сущностно-логической системной модели географического пространства формирующим энергетическим полям обеспечивает однозначность толкования его структурных инвариантов, вычисление меры их параметров порядка, геосистемный анализ высокого разрешения, эффективное прогнозирование. Такая модель геопространства приспособлена для логического связывания в координированном поле в виде пирамиды детализации накапливаемых в науках о Земле массивов разнообразных данных.

Примечания:

1. Kalfoglou Y., Schorlemmer M. Ontology mapping: the state of the art // The Knowledge Engineering Review. 2003. Vol. 18(1). P. 1-31.
2. Klein M. Combining and relating ontologies: an analysis of problems and solutions // Proceedings of the IJCAI'01: 17th International Joint Conferences on Artificial intelligence. Seattle: WA, USA, 2001. P. 53-62.
3. Nunes J. Geographic Space as a Set of Concrete Geographical Entities // Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space / D. Mark, A. Frank (eds.). Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1991. P. 9-33.
4. Мартынов О.В. Концепция системы прогноза природных катастроф и практические результаты, полученные на основе аппарата нелинейной физики, математики и данных системы // Нелинейный мир. 2008. Т. 6, № 10. С. 579-615.
5. Пузаченко Ю.Г., Алещенко Г.М. Введение в пространственный анализ структуры ландшафта // География, общество, окружающая среда. Т. II. Функционирование и современное состояние ландшафтов. М.: Городец, 2004. С. 36-47.
6. Варшанина Т.П., Плисенко О.А. Интегрированная ГИС региона (на примере Республики Адыгея) / под ред. Б.И. Кочурова. М.; Майкоп: Камертон, 2011. 360 с.
7. Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С. Введение в тектонофизику: учеб. по-

References:

1. Kalfoglou Y., Schorlemmer M. Ontology mapping: the state of the art // The Knowledge Engineering Review. 2003. Vol. 18(1). P. 1-31.
2. Klein M. Combining and relating ontologies: an analysis of problems and solutions // Proceedings of the IJCAI'01: 17th International Joint Conferences on Artificial intelligence. Seattle: WA, USA, 2001. P. 53-62.
3. Nunes J. Geographic Space as a Set of Concrete Geographical Entities // Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space / D. Mark, A. Frank (eds.). Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1991. P. 9-33.
4. Martynov O.V. Conception of the forecasting system of natural catastrophes and practical results obtained on the basis of the apparatus of the nonlinear physics, mathematics and the system data // Nonlinear world. 2008. Vol. 6, No. 10. P. 579-615.
5. Puzachenko Yu.G., Aleshchenko G.M. Introduction to the spatial analysis of the landscape structure // Geography, society, environment. Vol. II. Functioning and the current state of landscapes. M.: Gorodets, 2004. P. 36-47.
6. Varshanina T.P., Plisenko O.A. Integrated GIS of the region (on the example of the Republic of Adygheya) / ed. by B.I. Kochurov. M.; Maikop: Kamerton, 2011. 360 p.
7. Goncharov M.A., Talitskiy V.G., Frolova N.S. Introduction to tectonic physics: a man-

-
- собрание / отв. ред. Н.В. Короноцкий. М.: КДУ, 2005. 496 с.
8. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поиска тектонических структур / под ред. А.А. Корженевского. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1960. 93 с.
9. Структурно-подобная геодинамическая модель Краснодарского края и Республики Адыгея / Т.П. Варшанина, О.А. Плисенко, А.А. Солодухин, В.Н. Коробков; под ред. Б.И. Кочурова. М.; Майкоп: Камертон, 2011. 128 с.
- ual / ed. by N.V. Koronotskiy. M.: KDU, 2005. 496 p.
8. Filosofov V.P. Compendium on morphometric method of searching for tectonic structures / ed. by A.A. Korzhenevskiy. Saratov: Saratov University Publishing House, 1960. 93 p.
9. Structurally-like geodynamic model of the Krasnodar territory and the Republic of Adygeya / T.P. Varshanina, O.A. Plisenko, A.A. Solodukhin, V.N. Korobkov; ed. by B.I. Kochurov. M.; Maikop: Kamerton, 2011. 128 p.