

## ТОПОСЕМАНТИЧЕСКОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ СООТВЕТСТВИЕ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Розенберг И.Н.

Доктор технических наук, профессор, Генеральный директор ОАО «НИИАС»

Адрес: 109029 Москва, Нижегородская ул., 27 стр. 1

E-mail: ig.rozenb2012@yandex.ru

**Аннотация.** Статья описывает важную характеристику пространственного анализа топосемантического информационного соответствия. Статья интегрирует понятия информационное соответствие, семантическая согласованность и топологическая инвариантность в новый термин - топосемантическое информационное соответствие. Описаны виды информационных соответствий и согласованностей в пространственном моделировании. Статья доказывает, что современное пространственное моделирование, основанное на моделировании «точка за точкой», теряет семантику и теряет топосемантическое информационное соответствие. Поэтому необходимо переходить на пространственное моделирование, основанное на применении моделей объектов и информационных ситуаций. Статья показывает, что пространственная несогласованность и информационное несоответствие возникает при определенных концепциях построения моделей и некоторых методах пространственного моделирования. Показано, что топологическая несогласованность является более слабым условием в сравнении с топосемантическим информационным соответствием. Процедура установления топосемантической согласованности помогает восстанавливать утерянные пространственные отношения и утерянную топологию в пространственной модели. Статья предлагает правила нахождения отношения топосемантического информационного соответствия к разным типам объектов: ареальному объекту, линейному объекту, точечному объекту. Эти правила служат основой для восстановления топосемантической согласованности. Показано, что топосемантическое информационное соответствие является когнитивной и интеллектуальной характеристикой и помогает решать интеллектуальные и когнитивные задачи.

**Ключевые слова:** пространственный анализ, геоинформатика, пространственное моделирование, пространственная согласованность, топосемантическое информационное соответствие, информационное соответствие, информационная ситуация.

### Введение

Статья является развитием идей, изложенных в работах [1, 2]. Пространственное информационное моделирование [3] отличается от других методов моделирования разнообразием методов сбора информации. Разнообразие методов сбора информации влечет разнообразие информационных коллекций, форматов, структур и типов данных и геоданных [4, 5]. Для использования в ГИС и интегрированных информационных системах применяемые коллекции данных должны быть согласованными и непротиворечивыми, чтобы гарантировать надежность решений и качество результата. Нельзя сказать, что эта задача не решается. При формировании геоданных унифицируют разнородные данные и создают единую интегрированную

информационную основу [6]. Однако это решается на уровне форматов данных и структур данных [7]. Это дает основание говорить о решении задач формального соответствия и структурного соответствия в большинстве геоинформационных технологий и в пространственном анализе.

При осуществлении информационного взаимодействия возникает потребность в дополнительных видах согласованности: информационного соответствия, семантической согласованности и топологической согласованности. В совокупности и в комплексе эти три вида согласованности приводят к интегральной характеристике «топосемантическое информационное соответствие». Следует подчеркнуть различие между топологической инвариантностью и топологической согласованностью.

Топологическая инвариантность описывает свойства фигур. Топологическая согласованность описывает свойства сетей не только в статическом аспекте, но и в аспекте динамики потоков протекающих по этим сетям.

На практике во многих первичных наборах пространственных данных существует недостаток семантической связанности [1], что приводит к пространственным ошибкам, не обеспечивая должным образом надежность результатов запросов, анализа или рассуждения. Другими словами, при сборе информации по точкам, а не по объектам возникает семантический разрыв [8] между представлением «точечной» информационной ситуации и «объектной» информационной ситуации. Точечная информационная ситуация не учитывает пространственные отношения между реальными объектами. Одиночная пространственная модель объекта также не полностью (или совсем не учитывает) учитывает пространственные отношения [9]. Объектная информационная ситуация учитывает пространственные связи и отношения между реальными объектами. Множественная пространственная модель совокупности объектов учитывает пространственные связи и отношения между реальными объектами. Получение пространственного знания или геознания также требует учета пространственных связей и отношений между реальными объектами. Учет пространственных объектных связей и отношений возможен при топосемантическом информационном соответствии.

Таким образом, задача обеспечения топосемантического информационного соответствия является обязательной при пространственном объектном моделировании, при получении знаний,

при использовании интеллектуальных методов. Она решается путем применения методов пространственного и когнитивного моделирования.

### **Проблемы пространственной согласованности и пространственного информационного соответствия**

Пространственная согласованность имеет несколько видов. Существуют следующие виды информационное согласованности или соответствия: формальное соответствие данных, формальное соответствие потоков, структурное соответствие между обрабатываемыми данными, структурное соответствие в элементах базы данных, семантическая согласованность по потокам, функциональная согласованность подсистем в информационной системе, топологическая согласованность пространственных сетей и их моделей, информационное соответствие между элементами и частями системы, информационное соответствие между информационными потоками системы, информационное соответствие между целями и ресурсами системы.

Топосемантическое информационное соответствие или топосемантическая согласованность как требование возникает при построении пространственных объектных моделей и информационных объектных ситуаций. Она в основном связана с интерпретацией пространственных отношений [10] между реальными объектами и интерпретацией пространственных отношений между моделями построенными человеком. Это приводит к учету и рассмотрению когнитивных факторов пространственного моделирования.

Например, пространственное отношение абстрактный «многоугольник в многоугольнике»

допустимо в системном анализе и пространственном знании. Однако при выяснении семантического содержания пространственной модели или информационной ситуации оно может быть недопустимым. В частности, «многоугольник - реальное здание» в другом «многоугольнике - реальном здании» — не допустимое пространственное отношение [1]. В то же время «многоугольник- здание на участке земли» и «многоугольник - участок земли» — допустимое пространственное отношение «многоугольник в многоугольнике».

Все это выявляется при использовании семантики, присущей каждому объекту, и является дополнительным условием нахождения и обеспечения корректности пространственных отношений. Топосемантическая (topo — от топологического) согласованность, может быть рассмотрена как форма логической согласованности [11] и пространственной согласованности [6] и информационного соответствия [2]. Она также может быть рассмотрена как форма информационного соответствия в информационных моделях и топологических ситуациях. Проблема топосемантической согласованности возникает в искусственном информационном поле при моделировании типа 3D → 2D. Это моделирование (трехмерный объект – двумерная модель) означает, что трехмерная информационная ситуация реальности преобразуется в двумерную информационную ситуацию модели. Такое преобразование всегда связано с потерей информации и пространственных отношений. На рис.1 приведены примеры топосемантического информационного соответствия (ТС) и информационного несоответствия (НС).

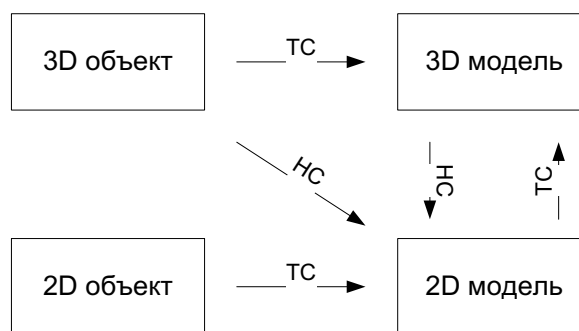


Рис.1. Топосемантическое соответствие и информационное несоответствие при пространственном моделировании

При моделировании на основе принципов подобия [13] 3D → 3D (трехмерная ситуация и трехмерная модель) эта проблема не возникает, поскольку при таком преобразовании сохраняются все пространственные отношения. Цифровое моделирование [14] 3D → 3D, 2D → 2D, 2D → 3D обеспечивает топосемантическое информационное соответствие. Моделирование 3D → 2D имеет место при картографическом моделировании, при плоском геоинформационном моделировании, при фотограмметрическом моделировании. Оно влечет потерю информации, поэтому характеризуется информационным несоответствием.

Например, при получении изображения с помощью фотокамеры, у которой главная оптическая направлена не ортогонально плоскости фасада здания, изображение прямоугольного фасада (плоская модель) трансформируется в трапецию. При фотографировании двух объектов одинаковых размеров объект, расположенный дальше от точки съемки, будет выглядеть на снимке как объект меньшего размера. При фотографировании возможны «мертвые зоны», которые скрывают часть объекта и не передают его все детали и соответственно пространственные отношения.

На рис.2 приведен пример

топологического соответствия и несоответствия.

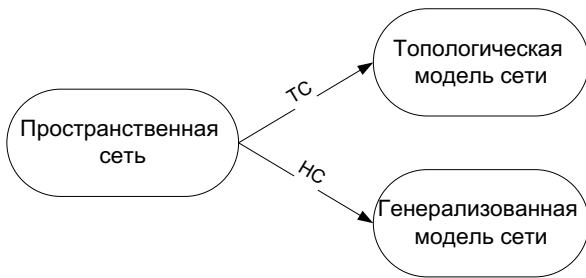


Рис.2. Топологическое соответствие и несоответствие.

При сохранении топологической инвариантности имеет место топологическое соответствие (ТС). При генерализации, которая влечет потерю топологических связей, имеет место топологическое несоответствие (НС). Это ярко проявляется при обработке цифровых изображений (рис.3). На рис.3 показаны информационные объемы моделей.

При сжатии изображения с сохранением топологии между исходным и трансформированным изображением сохраняется топосемантическое информационное соответствие (ТС). Объем уменьшается, но топология сохраняется.

При расширении (экспандировании) изображения на вновь трансформированном увеличенном изображении появляются пустые места и разрывы. Разрывы могут приводить к нарушению или искажению топологии и морфологии. В этом случае имеет место информационное и семантическое несоответствие (НС).

Однако, потеря топологии и информации может восполниться включением топосемантического моделирования, то есть перенесением пространственной информации в семантику. Поэтому условие топосемантического информационного соответствия является более сильным и может компенсировать потерю

топологической информации.

Таким образом, проблема пространственной согласованности и топосемантической согласованности обусловлены многими факторами, в первую очередь концепцией и методом построения моделей пространственных объектов с нарушением пространственных отношений.

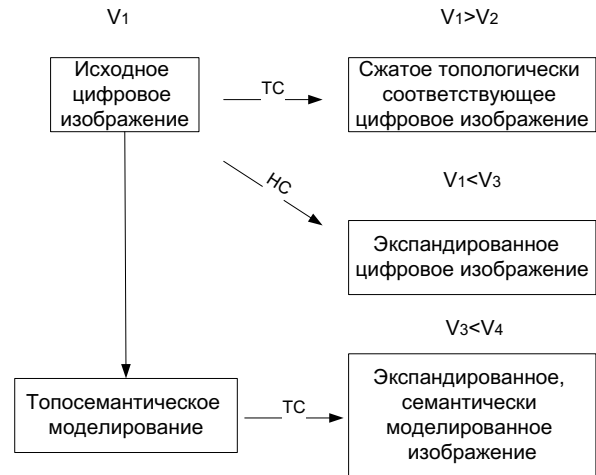


Рис.3. Топосемантическое соответствие и несоответствие при цифровом трансформировании изображений.

При цифровом моделировании особенно линейных объектов [15] эта проблема усугубляется тем, что главный принцип построения цифровых моделей – «по точечное моделирование». При «по точечном» сборе информации нарушается системный признак целостности восприятия и формирования моделей. Например, при сборе информации осуществляют «по точечный» ввод данных как для объекта, которому принадлежат точки, так и для отдельно стоящих точек, не принадлежащих объекту. Для того, чтобы связать точки объекта в единую совокупность вводят «семантику» и группируют точки по признаку принадлежности к тому или иному объекту.

Для решения проблемы топосемантической согласованности необходимо восстановить в модели

пространственные отношения [16], которые соответствуют пространственным отношениям на местности. Кроме того проблема топосемантической согласованности требует рассмотрения модели объекта не как изолированной сущности или закрытой системы, а рассмотрения модели объекта в информационной ситуации [17], включающей объект и его окружение. Эта модель описывает объект как открытую систему.

Решение проблемы топосемантической согласованности требует ввода семантики, семантического моделирования или информационного взаимодействия. Решение проблемы топосемантического информационного соответствия требует также ввода метрической информации. Например, комнаты на поэтажном плане могут иметь одинаковые плановые координаты, но разные высотные. Введение высотной координаты исключает совпадение информации по плановым координатам.

### **Пространственные знания и пространственная согласованность**

Пространственные знания требуют обязательного выполнения условия топосемантического информационного соответствия. Многие процессы протекают в реальном пространстве. Это реальное пространство описывается пространственной информацией и служит источником формирования геознаний [18, 19] и пространственных знаний [20]. Современный этап развития общества характеризуется широким накоплением и использованием пространственной информации. При обработке аэрокосмической информации возникает необходимость обработки фотоснимков, тепловых снимков, радиолокационных снимков высокого разрешения. Все это моделирование типа 3D → 2D. Методы лазерного

зондирования и пространственных геодезических измерений [21] также связаны с получением и обработкой пространственной информации. Исследование космического пространства, наблюдение Земли из космоса, глобальный мониторинг [22], решение проблемы астероидно - кометной опасности [23] также требует формирования и применения пространственного знания.

Проектирование дорог и сооружений, управление транспортом - требует применения пространственного знания. Геометрия и топология являются яркими представителями пространственных знаний. Анализ в пространстве параметров также связан с обработкой пространственной информации, хотя не в реальном, а в искусственном пространстве. Кластерный анализ может быть рассмотрен как механизм получения пространственных знаний в искусственном пространстве. Картография и навигация, глобальные навигационные спутниковые системы - все требует применения пространственной информации и созданного на ее основе пространственного знания.

Хотя работы в области пространственного знания ведутся за рубежом с 60-х годов прошлого столетия [24, 25], в России довольно долго в этом направлении активных исследований не проводилось. Следует также отметить узкую направленность работ за рубежом в области пространственного знания. Они велись в основном в русле искусственного интеллекта. С появлением геоинформатики работы в области пространственного знания стали проводиться и в сфере реального пространства. При этом началась интеграция методов геоинформатики и методов искусственного интеллекта в области представления пространственных знаний. Кроме того, эта проблема изучается в психологии,



когнитологии и в образовании. Все это делает актуальным обобщения опыта в области пространственных знаний и формирования новых понятий для его описания.

Согласованность пространственной информации является обязательным компонентом пространственного знания. Если пространственные данные не согласованы, они не могут образовать пространственное знание. В рамках теории искусственного интеллекта [26] для получения знаний принято использовать правила. Поэтому проверка топосемантической согласованности может быть осуществлена по набору правил, представленных ниже

Отсутствие принадлежности точки  $P$  к ареальному объекту  $Ob$  определяется правилом

$$P(X, Y) \cap Ob(X, Y) = \emptyset$$

Отношение принадлежности точки  $P$  к пространственному объекту  $Ob$  определяется правилом

$$\{P(X, Y, Z) \cap Ob(X, Y, Z) \neq \emptyset\} \rightarrow P \subseteq Ob$$

Следует отметить, что плановые координаты могут совпадать, например, в поэтажном плане здания. В этом случае координата  $Z$  играет роль разделителя совокупности точек. Точно также плановые координаты наземного и подземного сооружения могут совпадать и их различие определяется по координате  $Z$ .

По этому правилу можно определить совокупность точек ( $P_i$ ), принадлежащих объекту

$$P_i \subseteq Ob; i=1...n$$

Точки могут принадлежать линии (линейный объект). Часто линия близка к плановому объекту или является плановым объектом. Отсутствие принадлежности точек  $P_1 P_2$  к линии  $L$

определяется правилом

$$P_1(X, Y) \cap L = \emptyset; P_2(X, Y) \cap L = \emptyset$$

Отношение принадлежности точки  $P_1$  и точки  $P_2$  к линии  $L$  определяется по правилу

$$P_1(X, Y) \cup P_2(X, Y) \subseteq L$$

Точка может принадлежать точечному объекту  $P_0$

$$\{P(X, Y) \cap P_0(X, Y) \neq \emptyset\} \rightarrow P \equiv P_0$$

В этом случае семантика объекта приписывается к данной точке. Набор перечисленных правил можно дополнять. Приведенные выше правила являются примером и основой для создания подобных правил проверки согласованности.

Использование правил из области искусственного интеллекта показывает, что топосемантическая согласованность является интеллектуальной характеристикой из области искусственного интеллекта.

### Особенности пространственных моделей

Сформированные пространственные статические модели большей частью являются пространственно согласованными [27]. Однако в динамике и при их использовании их человеком могут возникать дополнительные эффекты, связанные с когнитивными аспектами моделирования.

По этому аспекту пространственные модели можно охарактеризовать как человеко анализируемые или человеко не анализируемые [28, 29]. В частности, это выражается в совокупности требований: обозримость, воспринимаемость, временная согласованность, ситуационность.

Обозримость – свойство пространственных моделей и

пространственных информационных ситуаций, состоящее в том, что человек в состоянии *обозреть* совокупность параметров и связей, входящих в модель коллекцию и *понять* ее как целое. Топосемантическая согласованность может иметь место для такой модели в принципе, но из-за большого объема, который превосходит пропускные способности человека [28, 29] эта согласованность может быть не видна явно и не воспринята человеком.

*Воспринимаемость* – свойство пространственных моделей и пространственных информационных ситуаций, состоящее в том, что человек в состоянии *воспринять и понять* данную информационную модель как отражение объективной реальности или ее практическое назначение. Топосемантическая согласованность также может иметь место для такой модели, но из-за отсутствия воспринимаемости эта согласованность может быть не воспринята человеком

*Временная согласованность* – свойство пространственных моделей и пространственных информационных ситуаций, состоящее в том, что модель и ситуация соответствуют актуальной ситуации за момент времени ее формирования и использования. Топосемантическая согласованность может иметь место для такой ситуации, но если условие временной согласованности нарушается, то и топосемантическая согласованность становится не актуальной. Следовательно, временная согласованность дополняет топосемантическую согласованность и является критерием ее актуальности.

*Ситуационность* – свойство пространственных моделей и пространственных информационных ситуаций, состоящее в том, что они моделируют не изолированный объект, а реальную ситуацию и даже динамику в этой ситуации.

## Заключение

В настоящее время в пространственное моделирование и в пространственный анализ все более вовлечены процессы, основанные на логическом рассуждении и принятии решений с учетом топосемантических особенностей объектов. Картография уже не является основной зоной пространственного моделирования. В пространственном моделировании все большее значение приобретают цифровые модели объектов, искусственный интеллект и когнитивные модели. Топосемантическое информационное соответствие является одним из видов пространственной согласованности и развитием информационного соответствия. Топосемантическое информационное соответствие позволяет преодолевать семантический разрыв при нарушении топологического несоответствия. Топосемантическая согласованность является обязательным условием добычи геоданных [30] и обновления пространственных баз данных [31]. Топосемантическая согласованность не реализуется средствами только топологии. Топосемантическая согласованность реализуется путем семантического моделирования, пространственного и когнитивного анализа. Топосемантическая согласованность важная характеристика, которая пока не учитывается во многих технологиях пространственного моделирования и анализа. Эта технология требует дальнейшего исследования и развития.

## Литература

1. С.К. Дулин, И.Н. Розенберг, В.И. Уманский. Аспекты пространственной согласованности географической информационной системы. // Системы и средства информатики. – 2011. Вып. 21, № 2. – с.73-96.

2. Цветков В.Я. Информационное соответствие // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №1- 3. - с.454-455.
3. V.L. Lototsky. Spatial Information Modeling // European Journal of Computer Science, 2016, Vol.(2), Is. 1, pp. 38-46.
4. Розенберг И.Н., Дулин С.К. Об онтологическом статусе визуализируемых геоданных // «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2016): Пятая научно-техническая конференция с международным участием (17-18 ноября 2016 г., Москва, Россия) – М.: ОАО «НИИАС», 2016. - с.139-143.
5. V. P. Savinykh and V. Ya. Tsvetkov. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, No. 5, pp. 365–368. DOI: 10.1134/S1019331614050049.
6. Цветков В.Я. Создание интегрированной информационной основы ГИС// Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2000. - №4. - с.150-154.
7. Розенберг И. Н. Обработка пространственной информации // Перспективы науки и образования. - 2015. - №3. – с.17-24.
8. Tsvetkov V. Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European researcher. Series A. 2013. № 4-1 (45). - с. 782-786.
9. Бахарева Н.А. Пространственные отношения в экологических исследованиях // Перспективы науки и образования. - 2016. - №3. - с.16-19.
10. Чехарин Е. Е. Интерпретация космической информации при исследовании Земли // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №2 (10). – с.137-143.
11. Kainz W. Logical consistency//Elements of spatial data quality. Elsevier Science, 1995. P. 109-138.
12. Дулин С. К., Розенберг И. Н. Согласованное пополнение геоинформационного портала отрасли неструктурированными данными // Системы и средства информатики. – 2005. - Вып. 11, № 1. – с.194-218.
13. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. — М.: Наука, 1987. — 423с.
14. Замышляев А.М. Эволюция цифрового моделирования // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.82-91.
15. Куприянов А.О. Цифровое моделирование при проектировании и мониторинге трасс // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.70-81.
16. Цветков В.Я. Пространственные отношения в геоинформатике// Науки о Земле. - 2012. - №1. - с.59-61.
17. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170.
18. Савиных В.П. Геознание. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 132с.
19. Ожерельева Т.А. Геознания. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №5-4. – с.669-669.
20. Цветков В.Я. Пространственные знания// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. -2013. - №7. – с.43-47.
21. Господинов Г.С. Геодезическая астрономия и космическая геоинформатика // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.45-50.
22. Бармин И.В., Лящук Б.А., Савиных В.П., Цветков В.Я. Принципы глобального космического мониторинга // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. - 2013. - № 4. - с.30-36.
23. Ломакин И.В., Мартынов М.Б., Польш В.Г., Симонов А.В. Астероидная опасность, реальные проблемы и практические действия. // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. - 2009. - №1. - с53-62.
24. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science - №2. - p. 129-153.
25. Tverksy B. Levels and structure of spatial knowledge //Cognitive mapping: past, present and future. Routledge, London. – 2000.
1. 26 Шайтура С.В. Интеллектуальный



анализ геоданных // Перспективы науки и образования. - 2015. - №6. - с.24-30.

26. Дулин С.К., Розенберг И.Н. Об одном подходе к структурной согласованности геоданных // Мир транспорта. - 2005. - Т. 11. № 3. - с.16-29.
27. Rozenberg I.N. Information reception in information and cognitive systems // European Journal of Technology and Design, 2015, 4. Vol. 10, Is. 4, pp. 140-148., DOI: 10.13187/ejtd.2015.10.140 [www.ejournal4.com](http://www.ejournal4.com).
28. Цветков В.Я. Когнитивные технологии // Информационные технологии. - 2017. - 2(23). - с.90-96.
29. Кудж. С.А. Добыча геоданных // Науки о Земле № 2-3, 2013 – с 82-84.
30. Матчин В.Т. Методы обновления банков и баз пространственных данных // Науки о Земле. - 2017. - № 1. - с.90-101.

### References

1. S.K. Dulin, I.N. Rozenberg, V.I. Umanskiy. Aspekty prostranstvennoy soglasovannosti geograficheskoy informatsionnoy sistemy. // Sistemy i sredstva informatiki. - 2011. Vyp. 21, № 2. - с.73-96.
2. Tsvetkov V.Ya. Informatsionnoye sootvetstviye // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. - 2016. - №1- 3. - с.454-455.
3. V.L. Lototsky. Spatial Information Modeling // European Journal of Computer Science, 2016, Vol.(2), Is. 1, pp. 38-46.
4. Rozenberg I.N., Dulin S.K. On the ontological status of the visualized geodata // "Intelligent control systems in railway transport. Computer and Mathematical Modeling "(ISUZHT-2016): Fifth Scientific and Technical Conference with International Participation (November 17-18, 2016, Moscow, Russia) - М.: OJSC "NIIAS", 2016. - p.139-143.
5. V. P. Savinykh and V. Ya. Tsvetkov. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, No. 5, pp. 365-368. DOI: 10.1134/S1019331614050049.
6. Tsvetkov V.Ya. Sozdaniye integrirovannoy informatsionnoy osnovy GIS// Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos"yemka. - 2000. - №4. - с.150-154.
7. Rozenberg I. N. Obrabotka prostranstvennoy informatsii // Perspektivy nauki i obrazovaniya. - 2015. - №3. - с.17-24.
8. Tsvetkov V. Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European researcher. Series A. 2013. № 4-1 (45). - с. 782-786.
9. Bakhareva N.A. Spatial relations in ecological research // Perspectives of science and education. - 2016. - № 3. - p.16-19.
10. Chekharin, E.E., Interpretation of Space Information in the Study of the Earth, // Educational Resources and Technologies. - 2015. - № 2 (10). - p.137-143.
11. Kainz W. Logical consistency//Elements of spatial data quality. Elsevier Science, 1995. P. 109-138.
12. Dulin S. K., Rozenberg I. N. Soglasovannoye popolneniye geoinformatsionnogo portala otrasli nestrukturirovannymi dannymi // Sistemy i sredstva informatiki. - 2005. - Vyp. 11, № 1. - с.194-218.
13. Sedov L. I. Metody podobiya i razmernosti v mekhanike. — М.: Nauka, 1987. — 423s.
14. Zamyshlyayev A.M. Evolyutsiya tsifrovogo modelirovaniya // Nauka i tekhnologii zheleznykh dorog. - 2017. - 1(1). - с.82-91.
15. Kupriyanov A.O. Tsifrovoye modelirovaniye pri proyektirovanii i monitoringe trass // Nauka i tekhnologii zheleznykh dorog. - 2017. - 1(1). - с.70-81.
16. Tsvetkov V.Ya. Prostranstvennyye otnosheniya v geoinformatike// Nauki o Zemle. - 2012. - №1. - с.59-61.
17. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170
18. Savinykh V.P. Geoznaniye. - М.: MAKS Press, 2016. - 132s.
19. Ozherel'yeva T.A. Geoznaniya. // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. - 2016. - №5-4. - с.669-669.
20. Tsvetkov V.Ya. Prostranstvennyye znaniya// Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. -2013. - №7. - с.43-47.
21. Gospodinov G.S. Geodezicheskaya astronomiya i kosmicheskaya geoinformatika // Nauka i tekhnologii zheleznykh dorog. - 2017. - 1(1). - с.45-50.

22. Barmin I.V., Lyashchuk B.A., Savinykh V.P., Tsvetkov V.YA. Printsipy global'nogo kosmicheskogo monitoringa // Polet. Obshcherossiyskiy nauchno-tekhnicheskiy zhurnal. - 2013. - № 4. - s.30-36.
23. Lomakin I.V., Martynov M.B., Pol' V.G., Simonov A.V. Asteroidnaya opasnost', real'nyye problemy i prakticheskiye deystviya. // Vestnik NPO im. S.A. Lavochkina. - 2009. - №1. - s53-62.
24. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science - №2. - p. 129-153.
25. Tverksy B. Levels and structure of spatial knowledge //Cognitive mapping: past, present and future. Routledge, London. - 2000.
26. Shaytura S.V. Intelleksual'nyy analiz geodannykh // Perspektivy nauki i obrazovaniya. - 2015. - №6. - s.24-30.
27. Dulin S.K., Rozenberg I.N. Ob odnom podkhode k strukturnoy soglasovannosti geodannykh // Mir transporta. - 2005. - T. 11. № 3. - s.16-29
28. Rozenberg I.N. Information reception in information and cognitive systems // European Journal of Technology and Design, 2015, 4. Vol. 10, Is. 4, pp. 140-148., DOI: 10.13187/ejtd.2015.10.140 [www.ejournal4.com](http://www.ejournal4.com).
29. Tsvetkov V.YA. Kognitivnyye tekhnologii // Informatsionnyye tekhnologii. - 2017. - 2(23). -s.90-96.
30. Kudzh. S.A. Dobycha geodannykh // Nauki o Zemle № 2-3, 2013 – s 82-84.
31. Matchin V.T. Metody obnovleniya bankov i baz prostranstvennykh dannykh // Nauki o Zemle. - 2017. - № 1. - s.90-101.



## TOPOSEMANTIC INFORMATION CONSISTENCY IN SPATIAL MODELING

*Igor Rozenberg*

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
General director of the Research Institute of automated systems in railway transport JSC NIIAS

**Address:** 27, bldg 1 Nizhegorodskaya Str., 109029 Moscow, Russia

**E-mail:** [ig.rozenb2012@yandex.ru](mailto:ig.rozenb2012@yandex.ru)

**Abstract.** *The article describes an important characteristic of spatial analysis of toposemantic information correspondence. The article integrates the notions of information consistency, semantic coherence and topological invariance into a new term - the toposemantic information correspondence. The article describes the types of information correspondences and coherence in spatial modeling. The article proves that modern spatial modeling based on point-by-point modeling loses semantics and loses toposemantic information correspondence. The article proves that it is necessary to proceed to spatial modeling based on the application of object models and information situations. The article shows that spatial inconsistency and information inconsistency arises under certain concepts of constructing models and some methods of spatial modeling. The article shows that topological inconsistency is a weaker condition in comparison with toposemantic information correspondence. The procedure for establishing toposemantic consistency helps to restore lost spatial relationships and the lost topology in the spatial model. The article suggests the rules for finding the relation of the toposemantic information correspondence to different types of objects: the areal object, the linear object, the point object. These rules are the basis for restoring toposemantic consistency. The article shows that toposemantic information correspondence is a cognitive and intellectual characteristic and helps to solve intellectual and cognitive tasks.*

**Key words:** *Spatial analysis, geoinformatics, spatial modeling, spatial consistency, toposemantic information compliance, information compliance, information situation.*

© Розенберг И.Н., 2017