

Например, разработанные в ИПУ РАН, г. Москва, программно-методологические комплексы: «Интегрированный информационно-аналитический комплекс ситуационного анализа», ориентированный на реализацию когнитивной технологии стратегического управления развитием сложных социально-экономических объектов в нестабильной внешней среде, комплекс «ИМПАИ», и ряд других, а также программная система когнитивного моделирования (ПС КМ), разработанная в ТРТУ, г. Таганрог[4].

Список литературы

1. Буянов Б.Я., Верба В.А. Мультиагентные модели сложных социотехнических систем. В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции. 2016. -С. 155-159.
2. Верба В.М. Когнитивный метод экспертизы инновационных проектов. В сборнике: О некоторых вопросах и проблемах экономики и менеджмента Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Инновационный центр развития образования и науки. Новосибирск, 2014. – С. 15-18.
3. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ: учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Изд-во «Юрайт», серия «Университеты России», 2010. – 679 с.
4. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Практикум. /Коллектив авторов, в т.ч. Горелова Г.В. – М.: Изд. ЮРАЙТ, 2016.

УДК 004.94

Кулик Борис Александрович¹,

вед. науч. сотр., д-р физ.-мат. наук,

Фридман Александр Яковлевич²,

вед. науч. сотр., д-р техн. наук, проф.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ В СИСТЕМЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

¹ Россия, Санкт-Петербург, Институт проблем машиноведения РАН,
ba-kulik@yandex.ru.

² Россия, Апатиты, Институт информатики и математического
моделирования ФИЦ КНЦ РАН, fridman@iimm.net.ru

Аннотация. В работе рассмотрены возможности спецификации концепции ситуационной осведомленности (СО) для задач концептуального моделирования пространственных динамических промышленно-природных комплексов (ППК). Цель и новизна разработки заключается в метризации пространства всех основных аспектов СО, что позволяет объективизировать оценку достигнутой степени СО. Последнее особенно важно в распространенном случае, когда различные составные части одного ППК входят в зоны ответственности различных ЛПР. Для этого случая предложенный подход позволяет улучшить координированность действий ЛПР и предотвратить конфликты между ними.

Ключевые слова: ситуационная осведомленность, пространственный динамический объект, количественная оценка, концептуальное моделирование.

Alexander Fridman¹,

Leading Sci. Researcher, Dr. Sci. (Techn.), Prof.,

Boris Kulik²,

Leading Sci. Researcher, Dr. Sci. (Phys.-Math.)

QUANTITATIVE EVALUATION OF SITUATIONAL AWARENESS IN CONCEPTUAL MODELLING SYSTEM

¹ Russia, Apatity, Institute for Informatics and Mathematical Modeling,
FRC KSC RAS, fridman@iimm.net.ru.

² Russia, St. Petersburg, Institute of Problems in Mechanical Engineering
RAS, ba-kulik@yandex.ru

Abstract. The paper considers opportunities to specify the concept of situation awareness (SA) for the tasks of conceptual modelling of spatial dynamic industrial-natural complexes (INC). The goal and novelty of the development is to metrize the space of all the main aspects of SA, which makes it possible to objectify assessing the achieved SA degree. The latter is especially important in the common case when different components of one INC are within the responsibility of different decision makers. For this case, the proposed approach allows to improve coordination of the decision maker's actions and prevent conflicts between them.

Keywords: situation awareness, spatial dynamic object, quantitative assessment, conceptual modeling.

1. Введение

В настоящее время концепция ситуационной осведомленности (СО – situation(al) awareness, см., например, [1 – 3]) описывает наиболее общие принципы подготовки и обработки информации для реализации ситуационного подхода в динамических предметных областях. Ситуационная осведомленность включает в себя осознание того, что происходит в окружающей среде, чтобы понять, как информация, события и собственные действия будут влиять на цели и задачи в текущий момент и в ближайшем будущем. Недостаточную или неверную осведомленность о ситуации считают одним из основных факторов, связанных с несчастными случаями, которые вызваны «человеческим фактором» [1]. Таким образом, осведомленность о ситуации особенно важна в профессиональной деятельности, где поток информации может быть довольно высоким, а плохие решения могут привести к серьезным последствиям. Это особенно явно проявляется в высокодинамичных предметных областях (например, пилотирование самолета, военные действия, обращение с тяжелобольными или ранеными пациентами и т.п.), однако, по мнению авторов, требует учета и в рассматриваемых ниже задачах

моделирования промышленно-природных комплексов (ППК) [4], где время принятия решений достаточно велико, но остальные аспекты СО весьма существенны.

Ситуационная осведомленность стала широко используемой концепцией в зарубежном сообществе, изучающем влияние «человеческого фактора», и фокусом значительных исследований за последние 25 лет. Этот подход применялся для разработки современных информационных дисплеев, автоматизированных систем, алгоритмов комплексирования информации, новых способов обучения с целью улучшения СО для отдельных лиц и команд, и т.д.. Патрик и Морган [5] еще в 2010 году нашли около 17500 статей, обсуждающих СО, только в базах данных Google Scholar. В России эта концепция пока не пользуется популярностью. Удалось обнаружить всего три аналитические работы [6 – 8], рассматривающие задачи обеспечения СО в различных предметных областях и носящие в основном постановочный характер.

Причина такого положения, на наш взгляд, в том, что этот подход преимущественно качественный и, возможно, излишне общий, за что его критикуют некоторые исследователи (см., в частности, [3]). Представляется, что общие принципы СО действительно становятся реалистичными только применительно к конкретной модели принятия решений в той или иной предметной области. Поэтому далее они интерпретируются в рамках ситуационной системы моделирования (ССМ) [4, 9] на базе ситуационной концептуальной модели (СКМ), предложенной для исследования ППК.

Для удобства основные положения СО далее приводятся *курсивом*, обычным шрифтом описаны особенности их применения в СКМ.

2. Интерпретация СО для ССМ

Для достижения СО необходимо обеспечить корректную обработку информации на трех уровнях: восприятие элементов окружающей среды, понимание ситуации и прогноз будущего статуса [2]. В ССМ восприятие моделируется заданием исходной ситуации, понимание – формированием полной ситуации и определением организационного уровня решения задачи, прогнозирование – выбором желательного класса ситуаций и имитационным моделированием поведения ППК в выбранном классе. Для борьбы с «информационным взрывом» на уровнях восприятия и понимания необходимы эффективные средства выделения существенных факторов из множества доступных измерений и наблюдений. В ССМ эта задача естественным образом решается в ходе обобщения ситуаций путем поиска альтернатив (достаточных ситуаций), в максимальной степени решающих

поставленную ЛПР задачу перевода системы из текущего класса ситуаций в заданный новый класс.

В работах М. Эндсли неоднократно отмечается (например, [10]), что высокий уровень СО чаще всего достигается экспертами по решению той или иной задачи, а не новичками. В ССМ острота этой проблемы снимается тем, что хотя ЛПР не всегда являются специалистами по всем аспектам функционирования подчиненной им части ППК, модель в идеале создается экспертами, поэтому достаточный уровень СО представляется вполне достижимым.

Корректная установка приоритетов при отборе и последующем анализе доступной информации – одна из главных проблем достижения приемлемого уровня СО [2]. Для этого в ССМ разработан ряд методов обработки ситуаций [4]: средства детального контроля корректности СКМ на всех этапах ее жизненного цикла, алгоритмы классификации и обобщения ситуаций, в том числе в рамках когнитивного подхода [11], средства оценки эффективности доступных альтернатив реализации ППК и т.д. Когнитивный метод классификации ситуаций на базе предложенной семантической иерархической метрики близости ситуаций позволяет учитывать экспертные оценки важности уровней иерархической модели ППК.

Вход в процедуры достижения СО – состояние окружающей среды, затем следует принятие решения и действие [2].

Поскольку в ССМ модель опасных ситуаций есть расширение модели нормального функционирования, каждый процесс/объект должен иметь не менее 1 исполнителя модели нормального функционирования и не менее 1 исполнителя модели функционирования в опасной(ых) ситуации(ях). Последние подключаются при выходе заданных переменных за безопасный диапазон. Технологически это выполняется анализом экспертно формируемых условий и степени опасности выхода значений ресурсов за безопасный диапазон (SR – Safety Range [4]) с подключением другого исполнителя того элемента модели, на который влияют нарушения SR. Степень опасности текущей ситуации необходимо учитывать и при оценке СО, что позволяет искать критические процессы и объекты, проблемы в которых сильно снижают СО.

В отличие от «классических» областей применения СО, в СКМ появляется возможность не только выявлять момент перехода некоторого объекта из режима нормального функционирования в нештатный режим, но и рассчитывать степень потери СО при таких переходах, если производить моделирование в унифицированном дискретизированном пространстве [4], допускающем наличие как числовых, так и строковых переменных в векторе состояния объекта.

Таким образом, «обычное» концептуальное пространство (например, [12]) расширяется и становится применимым также для опасных режимов функционирования ППК.

Наборы критических ключей (характеристик) позволяют использовать ментальную схему для индикации и мгновенной классификации и понимания прототипических ситуаций [10]. В ССМ это существенное и быстрое превышение показателем обобщенных затрат некоторого элемента модели единичного значения (при условии корректных значений его входных ресурсов) [4], и выход значений существенных ресурсов [4] за безопасный диапазон, указывающее на возможность появления иницирующих событий [13].

СО – это внутренняя ментальная модель состояния окружающей среды, имеющаяся у оператора (в нашем случае – ЛПР). Она строится путем применения системных знаний, знаний об интерфейсе программной среды и об окружающем мире. СО, принятие решений и эффективная деятельность есть различные этапы, взаимовлияющие в непрерывном цикле, который может быть разорван и другими факторами [2].

Результатом применения СО в ССМ является выбор начальной ситуации (это системное знание о важнейших параметрах, характеризующих состояние и поведение ППК) и, после анализа соответствующей полной ситуации, выбор нового (или сохранение прежнего) класса ситуаций для дальнейшего функционирования ППК или его части, а также выбор среди предложенных альтернатив (достаточных ситуаций) реализации выбранного класса ситуаций.

При анализе временных характеристик СО М. Эндсли указывает на важность учета скорости изменения окружающего мира, которой должна соответствовать скорость принятия решений оператором [10]. В СКМ с этой целью можно использовать величины градиентов (приращений) [4] критериев качества объекта, на котором находится ЛПР, и средства анализа чувствительности предлагаемых решений к изменениям параметров этих критериев. Величины градиентов критериев естественным образом показывают возможный временной интервал прогнозирования поведения объекта моделирования: чем они больше, тем короче интервал достоверного прогноза из-за неизбежных неопределенностей в оценке характеристик ППК и окружающей среды.

Авторами найдены и другие аналогии между различными аспектами СО в «классической» интерпретации и характеристиками ССМ, но уже изложенного достаточно для вывода о перспективности применения парадигмы СО в ситуационном моделировании ППК, поэтому далее излагается основной результат конкретизации этой парадигмы для ССМ – возможность количественной оценки СО. Однако для облегчения

понимания количественных мер СО в ССМ вначале необходимо кратко изложить принципы обработки ситуаций в этой системе моделирования.

3. Основы обработки ситуаций в ССМ

В СКМ описываются три вида элементов (сущностей) реального мира – объекты, процессы и данные (или ресурсы). *Объекты* (составные части исследуемого ППК) образуют иерархию, отображающую организационную и пространственную структуру объекта исследования, с каждым из них может быть связан набор *процессов*, которые описывают процедуры преобразования подмножества *ресурсов*, входных по отношению к рассматриваемому процессу, в другое их подмножество, именуемое выходным. Данные характеризуют состояние системы. Они используются при реализации процессов, являются результатами их выполнения. Выполнение любого процесса изменяет данные и соответствует переходу системы из одного состояния в другое [4]. В общем случае каждому элементу СКМ назначается *исполнитель*, обеспечивающий его реализацию в ходе моделирования. Тип исполнителя определяет, например, язык программирования, на котором реализуется исполнитель соответствующего процесса, и тип исполнителя в алгоритмическом языке.

Характеристики и основные типы специфицированных в ССМ ситуаций сведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства ситуаций в ССМ

Название	Формат	Назначение в ССМ	Основные характеристики
Факт	Подпись значений данного (ресурса)	Элементы ситуации	Количество значений, знак их объединения
Ситуации: - исходная	Список фактов	Постановка задачи	Количество фактов, список данных
- полная	Список фактов и соответствующий ему фрагмент СКМ	Подготовка имитации, генерация БД	Количество фактов, список и значения данных
- достаточная		Определение уровня задачи	Корневой объект, класс
- управляющая		Изменение структуры СКМ	Доминирующая альтернатива
Сценарий	Упорядоченный список достаточных ситуаций	Подготовка имитации	Временной интервал
Фрагмент	Связный подграф дерева объектов	Реализация полной ситуации	Корень, список листьев

Критерий качества работы каждого объекта имеет вид:

$$\Phi ::= \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i} \right)^2 \right)^{1/2} ::= \left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta a_i^2 \right)^{1/2}, \quad (1)$$

где: a_i – сигналы из списка выходных параметров данного объекта, их общее количество равно m ;

a_{i0} и $\Delta a_i > 0$ – настроечные параметры, отражающие требования вышестоящего объекта к номинальному значению a_i и допустимому отклонению Δa_i от этого значения соответственно;

$$\delta a_i ::= \frac{a_i - a_{i0}}{\Delta a_i} - \text{относительное отклонение фактического значения}$$

сигнала a_i от его номинального значения a_{i0} .

Если считать a_i скалярными критериями качества работы элемента модели, номинальные значения которых определяются величинами a_{i0} , то (1) представляет собой обобщенный критерий (см., например, [14]) с коэффициентами важности, обратно пропорциональными допустимым отклонениям скалярных критериев, что соответствует здравому смыслу: чем более важен для ЛПР тот или иной критерий, тем менее допустимы его отклонения от номинального значения.

Значение критерия будет равно единице в том случае, если значения всех его аргументов находятся на грани допусков:

$$\Phi = 1, \text{ если } |a_i - a_{i0}| = \Delta a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

и не превосходит единицы, если все аргументы находятся в пределах допусков.

Удельная величина изменения критерия (1) при изменении одного из его аргументов:

$$\delta \Phi ::= \frac{\partial \Phi / \partial a_i}{\Delta a_i} = m \Phi \delta a_i, \quad (3)$$

характеризует относительную чувствительность критерия качества (1) к изменению этого аргумента. В предположении о равной важности всех ресурсов для достижения цели функционирования элемента СКМ удельная величина обобщенных затрат на каждый из аргументов критерия (1) оценивается формулой:

$$\eta_i ::= \frac{1}{m} \delta \Phi. \quad (4)$$

Из (1) – (3) следует, что при нахождении аргумента a_i в допустимых пределах величина η_i не превосходит единицы. Эту величину и предлагается использовать в качестве индикатора удельных собственных

затрат некоторого элемента СКМ на выработку того или иного ресурса при сравнительном анализе различных структур реализации той или иной полной ситуации. Если этот элемент потребляет какие-либо (материальные) ресурсы от других элементов модели, то для анализа общих затрат на получение ресурса к собственным затратам добавляются затраты на получение входных ресурсов. Тогда (4) примет вид:

$$\eta_i ::= \Phi \delta a_i + \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n \eta_j, \quad (5)$$

где: n – количество (длина списка) входных ресурсов данного элемента модели;

η_j – рассчитанные аналогично (5) удельные затраты на получение входных ресурсов объекта принятия решений (ОПР), в котором находится ЛПР. В качестве ОПР можно выбрать либо корневой объект фрагмента, построенного для исследуемой полной ситуации, либо любой суперобъект этого объекта, вплоть до глобального элемента КМПО.

Принцип классификации ситуаций в ССМ дается следующими определениями.

Определение 1. Две достаточные ситуации из одного и того же фрагмента КМПО при одном и том же ОПР относятся к одному классу ситуаций, если для них обеих минимальна величина удельных затрат (5) для одного и того же выходного ресурса a_i данного ОПР (назовем этот критерий доминирующим по сравнению с другими критериями). В пределах одного класса ситуаций из двух ситуаций более предпочтительной является та достаточная ситуация, для которой величина (5) меньше.

Определение 2. **Оптимальной достаточной ситуацией** из заданного класса является достаточная ситуация с минимальным значением удельных затрат (5).

Поскольку достаточные ситуации по определению не содержат избыточности, то описанный выше метод вычисления абсолютных затрат в любом его варианте обеспечивает однозначный расчет собственных и абсолютных затрат на получение всех ресурсов фрагмента и классификацию достаточных ситуаций по признаку доминирования одного из скалярных критериев в затратах на выходе ОПР. Более того, условия (2) существенно упрощают поиск причины выхода параметров функционирования модели из допуска: для этого достаточно определить самый нижележащий объект, на выходе которого значения индикатора (4) (или (5), если это не листовый объект) значительно превышают единицу, в его работе и кроется источник недопустимого повышения затрат.

Обобщенные затраты предложено использовать и при решении задач координации управлений в ССМ (например, [15]).

4. Меры СО в ССМ

В ППК, части которого управляются несколькими ЛПР, для каждого из них можно ввести количественную оценку степени СО. Поскольку М. Эндсли и ее коллеги неоднократно показывали, что *важны не абсолютные, а относительные значения СО* (например, [10]), примем, что значения общей степени СО и каждой из трех ее составляющих (*восприятие элементов окружающей среды, понимание ситуации и прогноз будущего статуса*) характеризуются неотрицательным числом с максимальным значением 1. Для количественной оценки степени СО, достигнутой в текущий момент каждым ЛПР, имеющим заданную зону ответственности (ЗО), предлагается формула:

$$ССО_i = СВOC_i \times СПC_i \times СПБ_i, \quad (6)$$

где: $СВOC_i$ – степень восприятия окружающей среды, равная отношению количества контролируемых им ресурсов к общему количеству ресурсов, влияющих на его зону ответственности; тогда

$$СВOC_i = \frac{n}{n + m}, \quad (7)$$

где n – количество входных ресурсов $ЗО_i$, m – количество вырабатываемых ресурсов $ЗО_i$;

$СПC_i$ – степень понимания ситуации, это *синтез элементов СВOC (мера близости текущего состояния системы к идеальному)* [10]. В ССМ она зависит от вектора невязок собственных критериев качества работы $ЗО_i$ $\delta a_i^{cob} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \delta a_j^2}$ и вектора $\delta a_i^{ex} = \sqrt{\sum_{k=1}^m \delta a_k^2}$ невязок входных ресурсов $ЗО_i$;

$СПБ_i$ определяется скоростью изменения ситуации в $ЗО_i$, т.е. приращениями $\Delta\Phi_i$ значения критерия качества (1) для ОПР этой зоны. Чем больше величины приращений критериев по времени, тем короче интервал достоверного прогноза из-за неизбежных неопределенностей в оценке характеристик ППК и окружающей среды.

При разработке формул оценки компонентов СО необходимо учитывать их желательные асимптотические свойства.

Для $СПC_i$:

при $\delta a_i^{ex} \rightarrow 0$ и $\delta a_i^{cob} \rightarrow 0$ $СПC_i \rightarrow 1$;

при $\delta a_i^{cob} \gg 1$ $СПC_i \rightarrow 0$;

при $\delta a_i^{ex} \gg 1$ $СПC_i \rightarrow 0$;

Допустимая формула для оценки СПС имеет вид:

$$\text{СПС}_i = \frac{2 - \delta a_i^{\text{cob}} - \delta a_i^{\text{ex}}}{2 - (\delta a_i^{\text{cob}})^2 - (\delta a_i^{\text{ex}})^2} \cdot \quad (8)$$

Асимптотические свойства СПБ_i:

при $\Phi_i \rightarrow 0$ и $\Delta\Phi_i \rightarrow 0$ СПБ_i $\rightarrow 1$, $T_i \rightarrow \infty$, где T_i - интервал достоверного прогноза;

при $|\Delta\Phi_i| \rightarrow \infty$ СПБ_i $\rightarrow 0$, $T_i \rightarrow 0$;

при $\Phi_i \gg 1$ СПБ_i $\rightarrow 0$, $T_i \rightarrow 0$;

Допустимая формула для СПБ имеет вид:

$$\text{СПБ}_i = 1 - e^{-\tilde{T}_i}, \quad (9)$$

где \tilde{T}_i - сглаженное значение T_i ,

$$T_i = \frac{\alpha}{\Phi_i |\Delta\Phi_i|}, \quad (10)$$

а $\alpha > 0$ задает временной масштаб (динамику) функционирования ЗО_i.

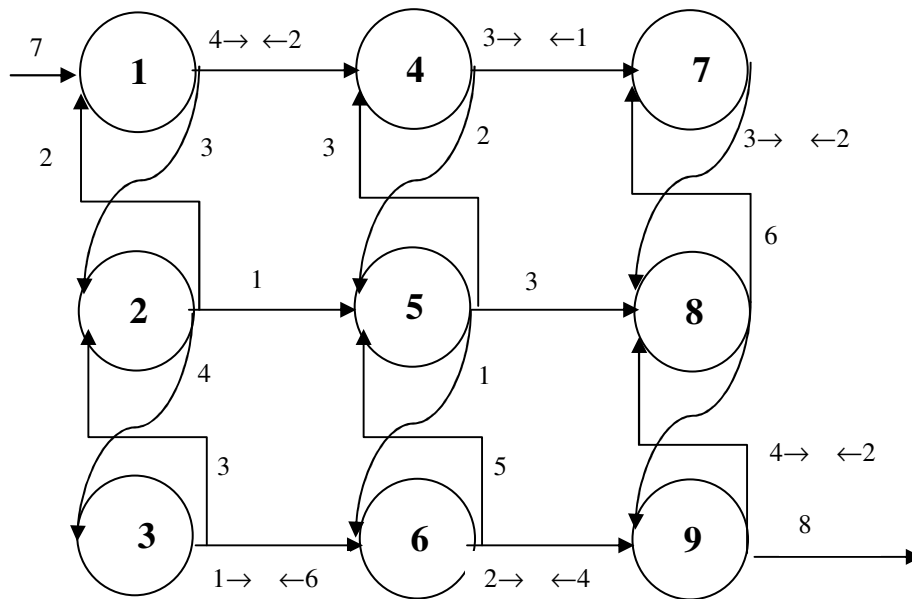


Рис. 1. Тестовая сеть объектов

В качестве тестового примера расчета СВОС рассмотрим сеть объектов, которая моделировалась в [15] (рис. 1), предполагая, что каждый узел сети может иметь внутреннюю структуру произвольной сложности и подконтролен отдельному ЛПР. Цифрами со стрелками на рис. 1 показано количество входных и выходных ресурсов узлов сети.

Тогда по формуле (7) получим:

$$\text{СВОС}_1 = \frac{3 + 4}{7 + 2 + 2 + 7};$$

$$СВОС_5 = \frac{3+3+1}{7+1+2+5}.$$

Предложенные соотношения (6) – (10) позволяют объективно оценить важность решений данного ЛПР для всей системы и учитывать эту важность при поиске баланса интересов всех ЛПР, влияющих на функционирование ППК, с целью координации их действий и исключения конфликтов.

Примеры расчета СПС и СПБ здесь не приводятся, поскольку они существенно зависят от предметной области и результатов имитационного эксперимента.

Работа частично поддержана грантами РФФИ (проекты №№ 16-29-12901-офи_м, 18-29-03022-мк, 18-07-00132-а, 18-01-00076-а и 19-08-00079-а).

Список литературы

1. Lundberg J. Situation Awareness Systems, States and Processes: A holistic framework. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 2015.
2. Endsley M.R. Final Reflections: Situation Awareness Models and Measures // J. of Cognitive Engineering and Decision Making. 2015. vol. 9. no. 1. pp. 101-111.
3. Banbury S., Tremblay S. A cognitive approach to situation awareness: Theory and application. Aldershot, UK: Ashgate Publishing, 2004, pp. 317-341.
4. Фридман А.Я. Ситуационное управление структурой промышленно-природных систем. Методы и модели. – Saarbrücken, Germany: LAP, 2015. – 530 с.
5. Patrick J., Morgan P.L. Approaches to understanding, analysis and developing situation awareness // Theoretical Issues in Ergonomics Science, 2010, 11(1-2), 41-57.
6. Попович В.В., Прокаев А.Н., Сорокин П.П., Смирнова О.В. О распознавании ситуации на основе технологии искусственного интеллекта // Труды СПИИРАН. Выпуск 7. – СПб: Наука. – 2008. – С. 93–104.
7. Афанасьев А.П., Батурин Ю.М., Еремченко Е.Н., Кириллов И.А., Клименко С.В. Информационно-аналитическая система принятия решений на основе сети распределенных ситуационных центров // Информационные технологии и вычислительные системы. 2010. – № 2. – С. 3–14.
8. Ямпольский С.М., Костенко А.Н. Ситуационный подход к управлению организационно-техническими системами в планировании операций. Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2016. – Том 8. – № 2. – С. 62–69.
9. Фридман А.Я., Курбанов В.Г. Формальная концептуальная модель промышленно-природного комплекса как средство управления вычислительным экспериментом // Труды СПИИРАН. – 2014. – № 6 (37). – С. 424–453.
10. Endsley M.R. Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review. In Endsley M.R., Garland D.J. (Eds.), Situation awareness analysis and measurement, pp. 3-32. Mahwah, NJ: LEA.
11. Фридман А.Я., Кулик Б.А. Когнитивная категоризация в многокритериальных задачах ситуационного управления. Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3-7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия). Труды конференции. В 3-х томах. Т. 2. – С. 225-234.

12. Gärdenfors P. Conceptual Spaces: The Geometry of Thought. A Bradford Book. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.

13. Фридман А.Я., Курбанов В.Г. Ситуационное моделирование надежности и безопасности промышленно-природных систем // Информационно-управляющие системы, № 4(71)/2014. – С. 1-10.

14. Салуквадзе М.Е. Задачи векторной оптимизации в теории управления. - Тбилиси: Мецниереба, 1975. – 202 с.

15. Фридман А.Я. Координация и планирование управлений в локально организованных иерархических системах // Шестая Международная конференция «Системный анализ и информационные технологии» САИТ-2015 (15-20 июня 2015 г., г. Светлогорск, Россия): Труды конференции. В 2-х томах. – Т. 1. М.: ИСА РАН. – С. 115-124.

УДК 165.6.8:61

*Тунда Владимир Александрович*¹,

главный специалист,

*Тунда Елена Александровна*²,

ведущий программист

К ВОПРОСУ О СПЛОШНОСТИ⁷ СРЕД⁸ ПРИ КОГНИТИВНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ⁹

Россия, Томск

¹Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук (ИФПМ СО РАН),
tunda.va@yandex.ru

²Томский государственный университет,
e.tunda@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы когнитологии по выработке представления об устройстве окружающего мира, о самоструктуризации-самоорганизации Материи¹⁰.

⁷ **Сплошность** – способность заполнять весь объём, занимаемый средой или телом, т.е. всякий малый элемент объёма считается настолько большим, что содержит ещё очень большое число элементов, каждый из которых является полномочным представителем всей среды или тела. Масса среды распределена в объёме непрерывно и в общем неравномерно.

⁸ **Сплошная среда (континуум)** – модель более-менее однородной системы с бесконечным числом частиц (то есть степеней свободы)

⁹ **Когнитивное моделирование** – выявление состава и механики взаимодействия информационно самостоятельных модулей мыслительной деятельности человека, чьё поведение анализируется, «архитектуры» их как единой системы и построение в результате когнитивной модели анализируемого.

¹⁰ **Материя** – общий термин, определяющийся множеством всего, что нас окружает, что мы можем наблюдать, измерять или представлять, т.е. субстанция, обладающая статусом объективной реальности. Она включает в себя материал всего сущего – всего того, что уже открыто и может быть ещё открыто как в макро-, так и в микро-