

Kolesnikov A.V.

Russia, Kaliningrad, Kaliningrad State Technical University,

kolesnikov@baltnet.ru;

PROBLEM-STRUCTURE TECHNOLOGY FOR HYBRID INTELLIGENT SYSTEMS DEVELOPMENT

Hybrid intelligent systems (HYIS) are the object of studies. They integrate the advantages of autonomous approaches for solving of complex practical problems. An original PS-technology for HYIS development is introduced. The technology offers the system analysis of the problem and synthesis of the structure that is relevant for the properties thereof. The technology was applied to some heterogeneous problems of three application domains.

Колесников А.В.

Россия, Калининград, Государственный технический университет,

kolesnikov@baltnet.ru;

ПРОБЛЕМНО-СТРУКТУРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ГИБРИДНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Предмет настоящей работы - гибридные интеллектуальные системы (ГИИС), интегрирующие преимущества автономных методов с целью решения сложных практических задач. Для разработки гибридов предложена и апробирована оригинальная PS-технология системного анализа проблемы и синтеза релевантной ее свойствам структуры, выступающей в роли метода решения задачи.

Введение. В последние годы в теории систем активно используется понятие "интеллектуального управления" [2], смещающего акцент на эвристическую (экспертную, адаптивную, нечеткую и др.) коррекцию формально-математического описания объекта управления для моделирования динамики системы. Одна из первых попыток такой коррекции были предприняты в 70-ые годы группой ученых, возглавляемой Э.Фейгенбаумом из Станфордского университета, искавшей средства преодоления недостатков GPS. Вместо поиска эффективных универсальных эвристик, они исследовали узкопрофессиональный, неформальный опыт и навыки специалиста и разработали системы, основанные на знаниях вида "условие-действие". Однако очень скоро стала очевидной односторонность, ограниченность такой автономной экспертной, символьной коррекции. Она не охватывала нечеткие рассуждения специалиста, была хрупкой, не справлялась с шумом, не объясняла быстрые низкоуровневые реакции человека на изменения во внешней среде. Поэтому на рубеже 70-х и 80-х годов появилась парадигма отказа от абсолютизации какого-то одного вида знаний при разработке интеллектуального управления и перехода к взаимокоррекции, взаимокompенсации недостатков и сотрудничеству в ансамблях моделей. Она утверждает, что нет единственного, окончательного метода, объясняющего или решающего сложную практическую задачу. Вместо этого у разработчика есть некоторое количество моделей и инструментальных средств, используемых при различных обстоятельствах [5]. На множестве автономных моделей может быть построена синергическая структура, использующая и управляющая преимуществами различных представлений одновременно в целях преодолеть несовершенства других, разработка которой ассоциируется с конструированием метода объяснения или решения сложной задачи. Типичные примеры таких структур - гибридные интеллектуальные системы, анонсированные в 1990-1995 г.г. [5,8]. Появление термина "интеллектуальные" в сочетании с гибридами обозначает выход за рамки фундаментальных аналитических и статистических знаний, применение которых в теории управления отработано многолетней практикой и их интеграцию с другими видами знаний и технологиями искусственного интеллекта - экспертными системами (ЭС), генетическими алгоритмами, искусственными нейронными сетями (ИНС), нечеткими системами (НС), кейс системами и др. Тем самым обеспечивается как многоаспектность исследования интеллекта человека, социальный характер

выработки, оценки и принятия решений, так и расширяется класс решаемых с помощью гибридов задач.

Несмотря на успехи ГИИС 90-х годов, процесс их создания - скорее искусство "генетика-информатика" в его уникальной мастерской, чем научно обоснованная гибридизация для решения практических задач. Хотя гибрид и промотивированное объединение достоинств автономных методов, в неблагоприятном случае, он может содержать только все их слабости, поскольку еще очень часто на практике неправильно применяются ИНС, НС как автономные технологии, и можно ожидать, что эти ошибки перейдут и в ГИИС по мере становления этой новой технологии более доступной. Такое положение объясняется не устоявшейся терминологией, отсутствием концептуальных моделей и формализмов гибридов, дефицитом технологий разработки ГИИС.

В [3,6,7] изложен оригинальный подход, отдающий приоритет в гибридизации системному анализу проблемы и синтезирующий для ее решения релевантную структуру ГИИС с учетом преимуществ и недостатков автономных методов. Логично назвать такой подход и реализующую его технологию "проблемно-структурной" (PS) гибридизацией.

Анализ неоднородной задачи. Неоднородные задачи возникают везде, где разработчики имеют дело с функционированием систем, зависящих от многих разнородных переменных: детерминированных, стохастических, четких и нечетких лингвистических, а также переменных-отношений. Прямое следствие неоднородности переменных - выход задачи за границу простых, которые мы называем "однородными" в область сложных, которые мы называем "неоднородными" проблемами, смещающими акценты их анализа и моделирования понимания и решения на свойства, в большей степени определяемые внутренним составом и структурой и требующими для изучения применения принципов системного анализа. В [3] предложены концептуальные модели однородной π^k , неоднородной задачи π^u и мира задач W^u в целом. Основное отличие π^u от π^k состоит в том, что для π^u строится $\hat{\Pi}^u = \{ \hat{\pi}_1^u, \dots, \hat{\pi}_{N_u}^u \}$ - множество из N_u декомпозиций π^u , где: $\hat{\pi}_i^u = (\Pi^k, \hat{r}_i) \mid i \in \overline{1; N_u}$ - декомпозиция π^u по $\hat{r}_i \in \hat{R} = \{ \hat{r}_1, \dots, \hat{r}_{N_u} \}$, где: \hat{R} - множество отношений декомпозиции π^u на $\{ \pi^k \}$; $\Pi^k = \{ \pi_1^k, \dots, \pi_{N_k}^k \}$ - множество из N_k однородных задач, в составе π^u . Кроме этого, если для $\{ \pi^k \}$ должны быть известны методы решения $\{ m^k \}$, то для π^u метод m^u , а также модель \dot{m}^u и компьютерная программа - искомые и конструируемые объекты. Предложенные модели π^k , π^u и W^u устраняет терминологические противоречия и объясняет неудачные попытки практики моделирования π^u .

Декомпозиция π^u в W^u вызывает соответствующий "системный отклик" в мире автономных и интегрированных методов моделирования W^{ku} [3] в виде процесса конструирования (синтеза) структуры на множестве "генетического" материала, т.е. двух или более автономных моделей (назовем его "гетерогенным модельным полем"), построенных и использованием тех или иных автономных методов.

Синтез метода решения неоднородной задачи. Для синтеза ГИИС как метода m^u решения неоднородной задачи π^u в W^{ku} и коррекции известных в предметной области фундаментальных аналитических знаний выбрано множество $\{ m^k \}$: искусственных нейросетей (α_1^k), нечетких систем (α_2^k), имитационного статистического моделирования (α_3^k), экспертных систем (α_4^k) и генетических алгоритмов (α_5^k). На $\{ m^k \}$, для крупнозернистых гибридов [8], построены концептуальные модели $\alpha_1^k - \alpha_5^k$ и модель ГИИС на языке "вещь (α)-свойство (β)-отношение (ρ)" описания предметного знания в теории систем [4]. Для синтеза ГИИС (α^u), реализующую метод m^u , на множествах $\{ \alpha_i^k \} \mid i = 1, \dots, N_k$, $\{ \alpha_j^r \} \mid j = 1, \dots, N_r$, $N_k \geq 2$, $\exists \alpha^r (\{ \alpha_j^r \} = \emptyset)$, где: α^r

- управляющая компонента, введено отношение интеграции \mathcal{L}_3^u [3], задающее структуру, образующее целое из разнородных частей и играющее основополагающую роль в гибридизации. Тогда концептуальная модель ГИИС имеет вид:

где: $\mathcal{L}_1^u, \mathcal{L}_2^u$ - отношения функционирования \mathcal{L}^u ; $P_{11} = \{ \mathcal{L}_{11}(\mathcal{L}_1^u, \mathcal{L}_1^u) \}$, $P_{22} = \{ \mathcal{L}_{22}(\mathcal{L}_2^u, \mathcal{L}_2^u) \}$, $P_{33} = \{ \mathcal{L}_{33}(\mathcal{L}_3^u, \mathcal{L}_3^u) \}$ - множества отношений входа, состояния и выхода \mathcal{L}^u и входа, выхода и состояния \mathcal{L}_i^k соответственно.

Модель \mathcal{L}^u определяет, что ГИИС имеет некоторую архитектуру обмена информацией, вход, выход и функционирует в неоднородном пространстве состояний.

PS-технология. В соответствии с моделями π^k , π^u , W^u и \mathcal{L}^u можно предложить следующую технологию гибридизации. Прежде всего, разработчик выполняет анализ, декомпозицию задачи π^u и с помощью системы с базой знаний подбирает релевантные свойства π^k методы m^k . Затем разрабатывает и (или) использует N^m однородных моделей $\{m^k\}$ для формирования W^u . В $\{m^k\}$ выделены непустые подмножества сопоставленные подзадачам π^k . Далее строится таблица гибридных стратегий T^u связыванием π^k посредством \mathcal{L}_3^u , заменяющих отношения декомпозиции \tilde{R} (принято ограничение, что между двумя π^k есть только одно \mathcal{L}_3^u). Поскольку вход, состояние и выход \mathcal{L}^u неоднородны, т.е. имеет место комбинация значений переменных из разных классов, далее должны быть установлены отношения R^{uk} [3]. Затем, поскольку π^k в декомпозиции $\tilde{\pi}_i^u$ может соответствовать более одной модели V , в гибридизацию включена процедура оценки и выбора автономной модели для каждой пары $(\pi_i^k, \mathcal{L}_3^u, \pi_j^k)$, реализованная следующим образом. Априори каждая m^k должна быть оценена по шкале 0-1 экспертами на предмет адекватности интервалам значений переменных-компонент $\tilde{\mathcal{L}}_3^u(t)$ состояния ГИИС, что позволяет настроить НС, на вход которой при синтезе ГИИС подается идентификатор π^k и $\tilde{\mathcal{L}}_3^u(t)$, а на выходе получается оценка релевантности \tilde{m}^k . Эти оценки, используются оригинальными алгоритмами (для древовидных и сетевых декомпозиций) синтеза структуры и инициализации ГИИС. Далее моделируется решение π^u , и анализируются результаты. Некоторые этапы PS-технологии могут выполняться итерационно.

Приложения PS-технологии. Предложенная технология применялась к неоднородным задачам в морском рыбном порту для сменно-суточного планирования производственного процесса, в био-производственной системе для стратегического планирования урожаев и агромероприятий и при проектировании систем автоматики машинных отделений морских судов для выбора измерительных приборов и первичных преобразователей. Для этого были созданы и апробированы системы СИГМА ТУ, АГРО и SENSOR - инструментальные среды для разработки приложений ГИИС. Кроме этого, разработан и апробирован язык программирования и система моделирования гибридных интеллектуальных систем Visual Event 2.0.

Заключение. Наши исследования показывают, что неоднородные когнитивные структуры из различных видов знаний формируются и хранятся в памяти экспертов, а их рассуждениям присущи мягкие вычисления. Это подтверждают результаты анализа профессиональных языков специалистов, где перемешаны аналитические зависимости, таблицы статистики и лингвистические переменные, а также многочисленные беседы с экспертами, которые, объясняя или решая задачу, "переключаются" на различные схемы рассуждений - вычисления,

статистические заключения, логическую аргументацию, приближенные оценки, манипулирование графическими образами. Эти эффекты можно назвать неоднородностью решаемых задач и неоднородностью рассуждений.

PS-технология ориентирована на работу именно с этими эффектами. Ее основополагающие принципы - представление практических проблем как мира однородных и неоднородных задач, анализ и декомпозиция неоднородной задачи и синтез структуры ГИИС релевантной неоднородностям, что ассоциируется с конструированием метода решения задачи из имеющегося в распоряжении разработчика множества моделей и других инструментариев. Наша технология не отвергает автономные модели и методы, более того она их предполагает как первый и естественный этап эволюции миров задач и методов, и приобретения разработчиком соответствующего опыта, однако она предлагает и позволяет сделать шаг вперед – интегрировать разнородные модели в одном целом - ГИИС для реализации принципа самоорганизации в кибернетических системах. Такая интеграция - гарант не только повышения релевантности модели оригиналу, что убедительно показывают наши эксперименты, но и достижения прозрачности, большей выразительной силы, силы вывода интеллектуальных информационных систем для разработки приложений преимущественно более полных и создаваемых с меньшими усилиями, чем системы с автономными моделями.

Литература

1. *Егоров А.И.* Математические задачи управления системами. Труды Междун. конф. "Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления (ICIT'99). М.: Наука. Физматлит, 1999.
2. *Ерофеев А.А., Поляков А.О.* Интеллектуальные системы управления. СПб.: Изд. СПбГТУ, 1999.
3. *Колесников А.В.* Гибридные интеллектуальные системы для поддержки принятия решений. Труды Междун. конф. "Интеллектуальное управление: новые интеллектуальные технологии в задачах управления (ICIT'99). М.: Наука. Физматлит, 1999.
4. *Уемов А.И.* Вещи, свойства, отношения. М.: Изд. ин-та Философии АН СССР, 1963.
5. *Goonatilake S., Khebbal S.(eds.)*. Intelligent Hybrid Systems - Wiley & Sons, 1995.
6. *Kolesnikov A.* Computer Aided Design of Hybrid Models for Automation Ship Systems - Konferencja Naukowo -Techniczna AUTOMATION 99. Warszawa, 1999.
7. *Kolesnikov A., Yashin A.* Hybrid Simulation of Stratified Systems - Abstract of the 4th International Conference 'Mathematical Modelling and Analysis MMA 99'. Vilnius, 1999.
8. *Medsker L.R.* Hybrid Intelligent Systems. Kluwer Academic Publ., 1995.