

*Онтологические инфраструктуры для создания  
интеллектуальных систем  
Ontological infrastructures for the creation of intelligent systems  
用於創建智能係統的本體基礎設施*

Грибова В.В.

*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Россия*

*IACP FEBRAS, Vladivostok, Russia*

*IACP FEBRAS, 符拉迪沃斯托克, 俄羅斯*

*[gribova@iacp.dvo.ru](mailto:gribova@iacp.dvo.ru)*

К настоящему времени разработано множество программных систем и сервисов для поддержки решения профессиональных задач, в которых используются методы искусственного интеллекта, математического моделирования и машинного обучения. При этом для решения одного и того же класса задач часто используются различные подходы и технологии. При отсутствии компонента генерации объяснений специалисту трудно выбрать наиболее подходящий (точный) метод и сравнить полученные результаты (каждый метод реализуется отдельно функционирующим сервисом). При решении ряда сложных задач часто необходимо обеспечить интеграцию разнородных систем с использованием единой терминологии, "общих" знаний о предметной области.

В качестве технологической основы для программной поддержки в решении важных задач с использованием вербализуемых знаний (опыта) и данных о состоянии некоторого объекта предложены онтологии. Однако онтологии практически не используются в качестве единой интегрирующей основы при создании гибридных интеллектуальных систем с объяснением полученных результатов, в том числе альтернативных. Под гибридной мы будем понимать такую систему, в которой для решения определенной задачи используются различные методы (возможно, альтернативные, реализуемые научными или экспертными группами).

Сотрудники Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН разработали платформу IACPaas [1], которая обладает инфраструктурой для формирования порталов знаний и сервисов на основе онтологий, включая концептуальный язык, основанный на иерархических семантических сетях. Онтологии, описывающие информационную модель знаний и данных на платформе IACPaas, формируются в виде иерархических семантических

информационных ресурсов. Такие онтологические модели обеспечивают семантическую структурированную модель обрабатываемой информации и связанные с ней правила обработки (набор правил для сопоставления элементов предложений базы знаний с элементами структуры объектов предметной области) и отделения онтологии от баз знаний таким образом, чтобы результат формализации знаний отвечал требованиям понятности, объяснимости и расширяемости/модификация знаний без изменения кода программных компонентов.

Если знания явно не представлены, используется другой метод, например, метод машинного обучения, тогда онтология описывает данные, необходимые для сервиса, описание интерпретации результата, а также адрес размещения такого микросервиса или агента. Программные компоненты, при наличии необходимых данных, обеспечат запуск микросервиса или агента и вывод результата пользователю. Для методов, в которых знания явно не представлены, не генерируется подробного объяснения, их включение через описанную среду, во-первых, упрощает использование различных методов в рамках единой системы с унифицированным интерфейсом и единым набором данных, во-вторых, помогает выбрать наиболее подходящий и корректный метод (упрощается сравнение методов). Такая интеграция также рекомендуется для запуска метода в фоновом режиме, для которого доступен необходимый набор данных, вместо "ручного" выбора.

Создание интеллектуальной системы с использованием онтологической оболочки сводится к формированию базы знаний, подключению математических моделей или моделей машинного обучения, а также декларативному формированию структуры для объяснения или интерпретации результатов, связывающей программные и информационные компоненты в единый сервис.

Предлагаемый подход разрабатывался в течение нескольких лет для решения различных классов задач в ряде предметных областей: медицина, подводная робототехника, производство аддитивных лазеров, сельское хозяйство и другие.

There are many software systems and services to support professional tasks, for which artificial intelligence, mathematical modeling, and machine learning methods are used. At the same time, different approaches and technologies are often used to solve the same class of problems. In the absence of explanation generation

component, it is difficult for a specialist to choose the most appropriate (accurate) method and compare the results obtained (each method is implemented separately by a functioning service). When solving a number of complex tasks, it is necessary to ensure the integration of heterogeneous systems using an unified terminology, "general" knowledge about the domain.

Ontologies are proposed as a technological basis for software assistance in solving important tasks using verbalized knowledge (experience) and data on the state of some object. However, ontologies are practically not used as a unified integrating basis when creating hybrid intelligent systems with an explanation of the generated results, including alternative ones. By hybrid, we will understand such a system in which various methods are used to solve a certain problem (possibly alternative ones implemented by scientific or expert groups).

The staff of the Institute of Automation and Control Processes of the FEB RAS has developed the IACPaaS platform [1], which has an infrastructure for the formation of knowledge portals and services based on ontologies, including a conceptual language based on hierarchical semantic networks. Describing the information model of knowledge and documents, ontologies (for portals) on the IACPaaS platform are formed in the form of hierarchical semantic information resources. Such ontological models provide a semantic structured model of the information being processed and associated processing rules (a set of rules for matching elements of knowledge base sentences to elements of the structure of domain objects) and separating ontology from knowledge bases so that the result of knowledge formalization meets the requirements of comprehensibility, explainability and extensibility/modification of knowledge without changing the code of software components.

If the knowledge is not explicitly represented, another method is used, for example, the machine learning method, then the ontology describes the data necessary for the service, a description of the interpretation of the result, as well as the address of the placement of such a micro-service or agent to obtain the result. Software components, if there are necessary data, will ensure the launch of such a software component and the output of the result to the user. For methods in which knowledge is not explicitly represented, does not generate a detailed explanation, their inclusion through the described environment, firstly, simplifies the use of different methods within a single system with a single interface and integration with a single data set, and secondly, helps to choose the most appropriate and correct method (method comparison is simplified). Such integration is also advisable for

running a method in the background, for which the necessary data set is available, instead of "manual" selection.

The creation of an intelligent system using an ontological shell is reduced to the formation of a knowledge base, the connection of mathematical models for which there is enough information from the data, and the declarative formation of a structure for explaining or interpreting the results, linking software and information components into a single service.

The proposed approach has been developed for several years to solve various classes of problems in a number of subject areas: medicine, underwater robotics, additive laser manufacturing, agriculture and others.

有許多支持專業任務的軟件系統和服務，其中使用了人工智能、數學建模和機器學習方法。同時，不同的方法和技術往往用於解決同一類問題。在沒有解釋生成組件的情況下，專家很難選擇最合適（準確）的方法並比較獲得的結果（每種方法由功能服務單獨實現）。在解決一些複雜的任務時，有必要使用統一的術語、關於該領域的“通用”知識來確保異構系統的集成。

本體被提議作為軟件協助解決重要任務的技術基礎，使用口頭化的知識（經驗）和關於某些對象狀態的數據。然而，在創建混合智能系統並解釋生成的結果（包括替代結果）時，本體實際上並未用作統一的集成基礎。通過混合，我們將理解這樣一個系統，其中使用各種方法來解決某個問題（可能是由科學或專家組實施的替代方法）。

FEB RAS 自動化與控制過程研究所的工作人員開發了 IACPaaS 平台 [1]，該平台具有用於形成基於本體的知識門戶和服務的基礎設施，包括基於分層語義網絡的概念語言。IACPaaS 平台上的本體（面向門戶）描述知識和文檔的信息模型，以層次語義信息資源的形式形成。這種本體論模型提供了被處理信息的語義結構化模型和相關的處理規則（一組用於將知識庫句子元素與領域對象結構元素匹配的規則）並將本體論與知識庫分離，以便知識的結果形式化在不改變軟件組件代碼的情況下滿足知識的可理解性、可解釋性和可擴展性/可修改性的要求。

如果知識沒有被顯式表示，則使用另一種方法，例如機器學習的方法，那麼本體描述了服務所必需的數據，對結果解釋的描述，以及放置的地址這樣的微服務或代理來獲取結果。軟件組件，如果有必要的數據，將確保啟動此類軟件組件並將結果輸出給用戶。對於知識未明確表示、未生成詳細解釋的方

法，將它們包含在所描述的環境中，首先，簡化了具有單個界面的單個系統中不同方法的使用以及與單個數據集的集成，其次，有助於選擇最合適和正確的方法（簡化了方法比較）。這種集成對於在後台運行方法也是可取的，必要的數據集可用，而不是“手動”選擇。

使用本體論外殼創建智能係統被簡化為知識庫的形成，從數據中獲得足夠信息的數學模型的連接，以及用於解釋或解釋結果的結構的聲明性形成，鏈接將軟件和信息組件整合到單一服務中。

所提出的方法已經開發了數年，以解決許多學科領域的各類問題：醫學、水下機器人、增材激光製造、農業等。

### *Литература*

### *References*

### 參考書目

1. Gribova V.V., Moskalenko Ph.M., Shalfeeva E.A., Timchenko V.A. Ontological Approach to Viable Decision Support Services Development // Advances in Intelligent Systems Research. 2020. Vol. 483. Pp. 274-277. ISSN 2352-5398. ISBN 978-94-6239-265-6. <https://doi.org/10.2991/aisr.k.201029.052>.

***Методы и подходы к разработке интеллектуальных СППР  
реального времени  
Methods and approaches to the development of intelligent DSS of real time  
智能實時 DSS 開發方法與途徑***

Еремеев А.П., Варшавский П.Р.

*Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия*

*National Research University "MPEI", Moscow, Russia*

*國立研究大學 MPEI, 莫斯科, 俄羅斯*

*eremeev@appmat.ru; VarshavskyPR@mpei.ru*

Рассматриваются базовые методы и подходы к разработке интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени (ИСППР РВ), предназначенных для помощи лицу (группе лиц), принимающим решения (ЛПР), при мониторинге и управлении сложными динамическими техническими (технологическими) объектами и процессами (на примере энергообъектов) в условиях достаточно жестких временных ограничений [1, 2]. ИСППР РВ относятся к классу динамических интеллектуальных систем, при