

Моделирование и использование функции поведения для управления многоконтурными системами

Н. Г. Мустафин
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
nikolay.mustafin@gmail.com

П. В. Шведенко
Университет ИТМО
pitk1@mai.ru

О. В. Щекочихин
ООО «Регул+»
slim700@yandex.ru

С. В. Савосин
Санкт-Петербургский институт информатики и
автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН)
svsavosin@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрена модель многоконтурной информационно-управляющей системы организации, ориентированной на поиск управленческих решений направленных на преодоление проблемных ситуаций. Предлагаемая система позволяет распознавать проблемную ситуацию в бизнес-процессе по отклонению значений показателей состояния организации от целевых установок, осуществлять выбор модели поведения и поддерживать принятие управленческих решений соответствующих контуров управления организацией. Представлена математическая система, которая позволяет определять вид проблемной ситуации, модель поведения, бизнес-процесс и объект управления. На основе предложенной модели разработано программное обеспечение, позволяющее автоматически определить контур управления, который должен разрешить проблемную ситуацию, а также определить центры ответственности для исполнения управленческого решения.

Ключевые слова: информационно-управляющая система; информационная система с поведением; контуры управления; принятие управленческого решения; математическая модель многоконтурного управления

Современное производство настолько сложно, что человек не в состоянии оперативно принимать управленческие решения при внешних и внутренних возмущающих воздействиях. Поэтому наблюдается тенденция применения автоматизированной обработки данных для анализа текущего состояния системы и формирования целей управления, поиска эффективных управляющих решений для преодоления проблемных ситуаций. Одним из методов является создание информационных систем (ИС), наделенных свойством поведения [1–3]. ИС с поведением обеспечивают поддержку принятия управленческих решений в автоматическом и автоматизированном режимах. Автоматический режим предполагает анализ данных,

выбор модели поведения, наиболее подходящей для достижения целей управления. Если опыт, накопленный в информационной системе недостаточен для принятия управленческого решения, то привлекается эксперт, разрабатывающий новое шаблонное решение для преодоления выявленной проблемной ситуацией с сохранением этого нового шаблона в базе решений. Архитектура ИС, наделенной свойством поведения, ранее была рассмотрена в работах [4–6]. Создание новой модели поведения рассматривалась в работах [7, 8]. В настоящей работе предлагается формализованное описание многоконтурной ИС, которая позволяет в режиме оперативного управления, использовать и формировать модели поведения для подготовки и принятия управленческих решений.

В производственной системе можно выделить несколько контуров управления: оперативно-процессный, оперативно-функциональный, функционально-тактический, обще-тактический, стратегический и др. Между контурами управления происходит передача управления и данных для поиска управленческих решений.

Для поиска и обоснования управленческих решений может быть разработано соответствующее математическое описание на основе теории множеств и предикатов первого порядка.

При разработке математического описания системы управления введены состав, структуры и системы отношений:

Множество контуров управления – М.

Множество лиц или устройств, принимающих решения (ЛПР /УПР) – Р.

Множество функций УПР/ЛПР – РF.

Математическая система так же содержит описание дерева целей бизнеса и структуры управления, которая включает в себя ЛПР, наделенных функциями и системой

Работа выполнена при государственной поддержке ведущих университетов Российской Федерации (субсидия 08-08), грантов РФФИ № 17-07-00327, 17-07-00328, 16-07-00463

показателей. Множество УПР/ЛПР через показатели связаны с множеством функций, исполняемых УПР/ЛПР. Множество приложений связаны с УПР/ЛПР, через исполняемые функции.

Дерево целей может иметь несколько проекций – индикаторов текущего состояния информационно-управляющей системы в различных аспектах, в которых наряду с нормативными значениями показателей содержатся их фактические значения, величина отклонения и степень значимости отклонения.

Проекция дерева целей представляется следующим графом: $G_A = (A, T)$, где $A = \{A^0, A^1, \dots, A^{P-1}\}$,

где A_i – показатель, представляет собой кортеж:

(ID, N, NV) , где

ID – идентификатор показателя,

N – наименование показателя,

NV – нормативное значение показателя.

T – множество связей между показателями. Каждая связь определяет методы агрегирования показателя.

Индикатор текущего состояния системы представляется следующим графом:

$G_B = (B, T)$, где B – состояние показателя, представляет собой кортеж информации:

(ID, FV, D, SD) , где

ID – идентификатор показателя из графа G_A ,

FV – фактическое значение показателя,

D – величина отклонения фактического значения от нормативного,

SD – степень значимости отклонения,

Представленные математические структуры позволяют описывать взаимодействие контуров управления информационно-управляющей системы.

Для описания информационно-управляющей системы заданы следующие математические структуры:

O – множество объектов системы,

N – множество элементарных свойств,

K – множества типов объектов,

BP – множество бизнес-процессов (БП),

L – множество связей,

APP – множество приложений, входящих в ИС,

DS – множество потоков данных.

Конечное множество, определяющее абсолютное и относительное значение даты и времени, которые используются в приложениях – DT.

Элементы ранее описанных множеств задают основное множество (Θ) алгебраической системы U и множество констант (C) сигнатуры (Σ).

Предикат, описывающий уникальный идентификатор информационного объекта (УИИО), имеет следующий вид:

$uiio(O, N, H, O', Y, DT)$,

$Y \subset N$, y_μ – номер свойства, входящего в УИИО.

Предикат определен на множестве

$$\begin{aligned} M^u &= O \times N \times H \times O \times Y \times DT = \\ &\{(o_i, n, h_j, o_\phi, y_\mu, dt) \mid o_i \in O: (\exists b_w \in B, \\ &\text{obj_name}(o_i, b_i)), \\ &n \in N, \text{version}(o_i, n), y_\mu \in N, \\ &h_j \in H: [(s_prop^*(o_i, n, h_j) \rightarrow \phi = i) \vee \\ &\vee \exists \bar{o}_r \in S^i: s_prop^*(o_r, n, h_j)]\} \end{aligned}$$

Предикат принимает значение 1 на единственном наборе аргументов, тем самым, позволяет определить набор свойств из множества N, входящих в структуру объекта O', в качестве составного в наборе уникального идентификатора объекта O под порядковым номером N из множества констант Y, в момент времени DT.

Это позволяет однозначно идентифицировать экземпляр объекта в информационной системе в конкретный момент времени и все сопутствующее ему данные.

Далее в модели выделены конструкты, описывающие структуры процессов. Под конструктом понимаются умозрительное построение, вводимое гипотетически (теоретическое) или создаваемое по поводу наблюдаемых событий или объектов (эмпирическое) по правилам логики с жёстко установленными границами и точно выраженное в определённом языке.

$\text{struct_SBP}(BP, N, \bar{O}, \bar{O}, \bar{O}, \dots)$ – предикат, описывающий БП версии N.

Предикат определен на множестве:

$$\begin{aligned} M^{sbp} &= BP \times N \times \bar{O} \times \bar{O} \times \bar{O} \times \dots \times \bar{O} \\ &\supset \{(bp_j, n, \bar{o}_1, \bar{o}_2, \dots) \mid bp_j \in BP, n \in N, \bar{o}_i, \\ &\in \bar{O} \wedge o_i \in O + A\} \end{aligned}$$

Так как процесс имеет этапную структуру, вводится предикат, задающий для n'-ого этапа процесса набор из единственного информационного объекта, контура управления, лица принимающего решения, соответствующего контура управления, который обрабатывает поступающую информацию и преобразует её в данные одного или более показателей:

$$\text{step_SBP}(BP, N, L, M, P, APP, \bar{O}, \bar{O}, \bar{O}, \dots)$$

Множество истинности предиката имеет вид:

$$M^{ssbp} = BP \times N \times N \times M \times P \times APP \times \overline{O} \times \overline{O} \times \overline{O} \times \dots \times \overline{O}$$

$$\supset \{(bp_j, n, \overline{o_1}, \overline{o_2}, \dots) | bp_j \in BP, n \in N, n' \in N, \exists! o_i \in OM \wedge o_q \in F, i \neq q\}$$

Взаимодействие приложений, работающих на этапах БП обеспечивается потоками данных в многослойной шине.

Предикат уникального идентификатора потока данных в шине имеет следующий вид:

Data_stream(BP, N, O, APP, DT)

Множество истинности предиката имеет вид:

$$M^{ds} = BP \times N \times APP \times O \times DT$$

$$\supset \{(bp_j, n, o_i, app_k, dt) | bp_j \in BP, n \in N, \exists! o_i \in OM \wedge o_q \in F, i \neq q, app_k \in APP, dt \in DT\}$$

Регламентное время исполнения процессов является аналогом связей в реляционной БД – по формуле предиката можно понять, как данные в потоках связаны между собой.

Модель поведения определяется на основе анализа наборов показателей и их отклонений от заданных нормативных значений.

Предикат модели поведения:

Behavior_model (A, B, PF, DS)

Множество истинности предиката имеет следующий вид:

$$M^{ds} = A \times B \times PF \times DS$$

$$\supset \{(a_j, b_i, pf_k, ds_m) | a_j \in A, b_i \in \exists! pf_k \in PF, ds_m \in DS\}$$

Модель поведения позволяет определить подмножество управленческих решений. Степень значимости отклонения показателя связана с контуром управления. В зависимости от степени значимости показателя управленческое решение исполняется автоматически с запуском соответствующих БП и

контролем их исполнения или автоматизировано с участием УПР. Показатели связаны с контуром управления степенью значимости показателя по связи один ко многим.

Предложенное решение позволяет моделировать работу информационно-управляющей системы, гибко настраивать наборы показателей, определять модели поведения и контуры управления в зависимости от степени детализации представления решаемых в системе задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Madraky A. Hair-oriented data model for spatio-temporal data representation / A. Madraky, Z.A. Othman, A.R. Hamdan // Expert Systems with Applications, 59. 2016, pp. 119-144. DOI: 10.1016/j.eswa.2016.04.028
- [2] Vasin Y.G. Object-oriented topological management system of spatially-distributed databases / Y.G. Vasin, Y.V. Yasakov // Pattern Recognition and Image Analysis, 2016, 26 (4), pp. 734-741. DOI: 10.1134/S1054661816040180
- [3] Khakpour N. Synthesizing structural and behavioral control for reconfigurations in component-based systems / N. Khakpour, F. Arbab, E. Rutten // Formal Aspects of Computing, 2016, 28(1), pp.21-43. DOI: 10.1007/s00165-015-0346-y
- [4] Шведенко В.Н. Вариант архитектуры управляющей информационной системы для разрешения проблемных ситуаций на предприятии / В.Н. Шведенко, О.В. Щекочихин, П.В. Шведенко // Информационно управляющие системы № 5, 2016 С. 86-90. doi:10.15217/issn1684-8853.2016.5.86
- [5] Schekochikhin O.V. Object-process data model in management information systems / O.V. Schekochikhin // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 318–323 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2017-17-2-318-323
- [6] Шведенко В.Н. Архитектура интегрированной информационной системы, обеспечивающая свойство поведения / В.Н. Шведенко, О.В. Щекочихин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 6. С. 1078–1083. doi: 10.17586/2226-1494-2016-16-6-1078-1083
- [7] Щекочихин О.В. Методическое обеспечение подготовки и принятия управленческих решений в информационных системах, обладающих свойством поведения / В.Н. Шведенко, О.В. Щекочихин // Информатизация и связь. №3 2017г. Москва: АНО «Редакция журнала Информатизация и связь», 2017 ISNN 2078-8320
- [8] Сахарова Н.С. Анализ информационной поддержки бизнес-процессов с применением группы запросов модели метаданных / Н.С. Сахарова // Научно-технический вестник Поволжья, 2015. № 5. С. 272-274.