

Дискретно-событийное моделирование транспортных потоков рудника

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-12-12-14>

КОЗЛОВА О.Ю.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры Высшей математики
и программирования РТУ МИРЭА,
119454, г. Москва, Россия
e-mail: kozmaster@mail.ru

В результате проведения имитационных экспериментов по моделированию плана развития горных работ на подземном руднике было установлено, что одним из узких мест является параметр «Количество вееров за стадию взрыва», который определяет среднее количество вееров, взрывааемых за один раз, оказывающих влияние на эксплуатационную производительность внутришахтного транспорта.

Ключевые слова: дискретно-событийное моделирование, эксперименты, имитационное моделирование, диспетчеризация, транспортные потоки, рудник.

Для цитирования: Козлова О.Ю. Дискретно-событийное моделирование транспортных потоков рудника // Уголь. 2021. № 12. С. 12-14. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-12-12-14.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эксплуатационной производительности внутришахтного транспорта посредством оптимизации распределения погрузочно-доставочных машин и шахтных автосамосвалов по пунктам погрузки, максимальный учет стохастического характера погрузочно-транспортных процессов, их описание и оптимизация работы внутришахтного транспорта возможны при использовании имитационного моделирования, которое повышает эффективность диспетчеризации процесса добычи полезного ископаемого и является актуальной задачей.

С этой целью в работе предложена имитационная модель добычи руды в подземном калийном руднике [1]. Главной целью ее создания являлось обеспечение максимальной производительности при заданной последо-

вательности выполнения производственных процессов и операций на основе дискретно-событийного моделирования транспортных потоков подземного рудника. Для реализации дискретно-событийного моделирования транспортных потоков подземного рудника была принята базовая программная среда AnyLogic.

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ AnyLogic

В основу графической среды создания моделей заложены все возможности современного объектно ориентированного языка Java. При создании модели в AnyLogic создаются иерархически увязанные Java-классы активных объектов моделирования и определяются сложившиеся отношения между ними. Сформированная модель может быть реализована локально либо в режиме «Java» – апплет под управлением браузера. Основной базовой сущностью при этом является активный объект со своей внутренней структурой и технологическим поведением, который, в свою очередь, может быть инкапсулирован как элемент других активных объектов. При этом автоматически определяются структура и связи активного и инкапсулированного объектов. Технологическое поведение, в свою очередь, определяет реакцию активного объекта на комплекс внешних событий – событийную логику его действий с учетом фактора времени.

Функциональная структура AnyLogic может реализовать произвольное число уровней иерархической структуры объекта моделирования и вложенности состояний, что позволяет адекватно отражать структурную и поведенческую стороны иерархии сложных технологических систем.

МОДЕЛИРОВАНИЕ

В настоящее время существуют три способа имитационного моделирования сложных динамических технологических систем [2, 3, 4], представленных в AnyLogic, что делает его универсальным в использовании по сравнению с другими инструментами имитационного моделирования.

В качестве интеллектуального агента в AnyLogic понимается объект с функциями внутреннего поведения и возможностью взаимодействия с другими аналогичными агентами, при этом каждый отдельно взятый агент характеризуется неполной и неточной исходной информаци-

ей и наделен ограниченными возможностями для реализации общей задачи, что реализуется посредством явно определенных интерфейсов.

В моделируемой технологической системе подземного рудника выделены два типа производственных процессов:

– непрерывные производственные процессы (транспорт руды по конвейерной линии, наполнение и разгрузка промежуточных бункеров, выемка горной массы комбайнами и др. [5, 6, 7, 8]) – их моделирование осуществляется с помощью дискретно-событийного подхода;

– дискретные производственные процессы (транспортирование руды самоходными вагонами, обслуживание и ремонт горнодобывающей техники, выполнение регламентированных технологических производственных операций и др.) – их моделирование осуществляется посредством агентного и дискретно-событийного подходов.

Данный выбор обусловлен, в первую очередь, необходимостью обеспечения приемлемой скорости реализации и программного обеспечения *AnyLogic*.

Кроме этого следует отметить, что согласно [9] качество и адекватность интерфейса задачам предметной области становятся определяющим параметром выбора программного продукта для компьютерной поддержки конкретной организации. В этой связи в данной работе представляются основные решения по пользовательскому интерфейсу системы имитационного моделирования (СИМ).

ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследований был принят рудник «Комсомольский», что позволило обеспечить имитационное моделирование технологических процессов необходимыми исходными данными с учетом реальных горно-геологических условий и технико-экономических показателей подземной разработки полезного ископаемого.

Для корректного расчета в модели циклов производственного процесса добычи руды были приняты существующие параметры расписания работы оборудования рудника.

Режим взрывания – один раз в сутки.

Продолжительность цикла взрывных работ с учетом проветривания – 3 ч.

В результате проведения имитационных экспериментов по моделированию плана развития горных работ на шахте «Скалистая» были установлены следующие зависимости (рис. 1, 2, 3).

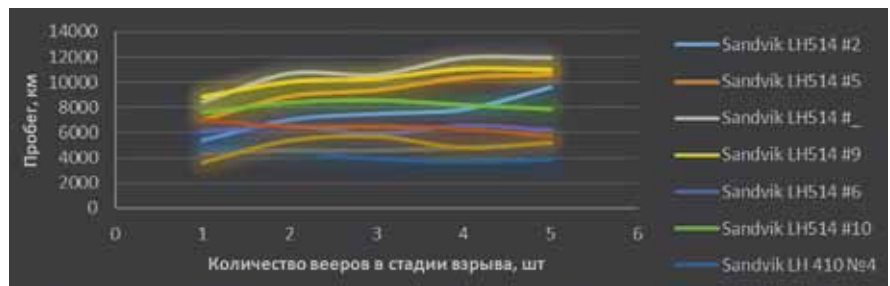


Рис. 1. Зависимость пробега от количества вееров в стадии взрыва

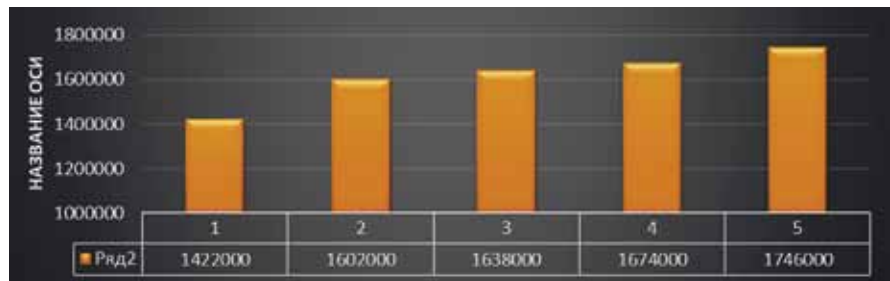


Рис. 2. Зависимость объема добычи от количества вееров

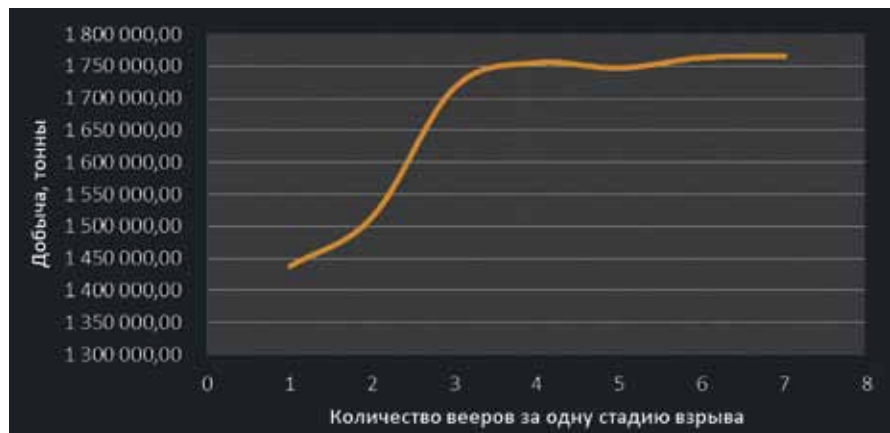


Рис. 3. Зависимость объема добычи от количества взрывааемых вееров

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Имитационное моделирование позволило оптимизировать парк самоходного оборудования с учетом различных вариантов изменения объемов добываемого полезного ископаемого, «Количество вееров в стадии взрыва», а также определить их минимально допустимые значения, повышающие риски невыполнения производственного плана.

Список литературы

1. Черненко В.Е., Малыханов А.А. Дискретно-событийное моделирование горной добычи в подземном калийном руднике / ИММОД-2013. Казань. 16-18 октября 2013.
2. Лавенков В.С. Решение задачи моделирования потоков минерального вещества в горнотехнических системах и его миграции в окружающую среду с использованием среды *AnyLogic* / ИММОД-2017. СПб. 18-20 октября 2017. С. 446-451. URL: <https://www.anylogic.ru/upload/iblock/475/4756ca35541d4786213055aa6c0c0abd.pdf> (дата обращения: 15.11.2021).

3. Егоров С.Г. Анализ, дизайн и оптимизация цепей поставок в программном обеспечении AnyLogistix / ИММОД-2017. СПб. 18-20 октября 2017. С. 374-378. URL: <https://www.anylogic.ru/resources/articles/analiz-dizayn-i-optimizatsiya-tsepey-postavok-v-programmnom-obespechenii-anylogistix/> (дата обращения: 15.11.2021).

4. Борщев А.В. Имитационное моделирование: состояние области на 2015 год, тенденции и прогноз / ИММОД-2015, М., октябрь 2015. URL: <https://www.anylogic.ru/resources/articles/imitatsionnoe-modelirovanie-sostoyanie-oblasti/> (дата обращения: 15.11.2021).

5. Formation of Comprehensive Service System of Belt Conveyor Gearboxes / B. Gerike, Y. Drozdenko, E. Kuzin et al. // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 41. Art. 03011.

6. Факторы воздействия комбайна при добыче угля на увеличение метаноотдачи массива в рабочее пространство лавы / М.В. Павленко, М.П. Хайдина, Д.А. Кузиев и

др. // Уголь, 2019. № 4. С. 8-11. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-8-11.

7. Вибрационное воздействие через скважины и технология дегазационной подготовки низкопроницаемого угольного пласта / М.В. Павленко, Н.Г. Барнов, Д.А. Кузиев и др. // Уголь. 2020. № 1. С. 36-40. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-36-40.

8. Determination of the Rational Number of Cutters on the Outer Cutting Drums of Geokhod / A. Khoreshok, K. Ananiev, A. Ermakov et al. // Acta Montanistica Slovaca. 2020. Vol. 25(1). P. 70–80. DOI: 10.46544/AMS.v25i1.7.

9. Григорьев В.К., Илюшечкин А.С., Овчинников М.А. Оценка качества пользовательского интерфейса на основе ментального времени выполнения пользовательских задач предметной области // Российский технологический журнал. 2019. Т. 7(1). С. 38-47. DOI: 10.32362/2500-316X-2019-7-1-38-47.

Original Paper

UDC 622.272(043.3) © O.Yu. Kozlova, 2021

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 12, pp. 12-14

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-12-12-14>

Title

DISCRETE-EVENT SIMULATION OF MINE TRAFFIC FLOW

Author

Kozlova O.Yu.¹

¹MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454, Russian Federation

Authors Information

Kozlova O.Yu., PhD (Engineering), Assistant Professor, Department of Higher Mathematics and Programming, e-mail: kozmaster@mail.ru

Abstract

As the result of simulations of an underground mine development plan, it was found that one of the bottlenecks is the parameter specified as “the number of fans per blast phase” that determines the average number of fans blasted at a time, which affect the operational efficiency of in-mine transport.

Keywords

Discrete-event simulation, Experiments, Simulation modelling; Traffic control, Traffic flows, Mine.

References

- Chernenko V.E. & Malykhanov A.A. Discrete-event simulation of mining activities in underground potash mine / IMMOD-2013 Conference, Kazan, October 16-18, 2013.
- Lavenkov V.S. Solving the problem of modelling mineral flows in mining systems and its migration into the environment using the AnyLogic software tool / MMOD-2017 Conference, St. Petersburg, October 18-20, 2017, pp. 446-451. (In Russ.). Available at: <https://www.anylogic.ru/upload/iblock/475/4756ca35541d4786213055aa6c0c0abd.pdf> (accessed: 15.11.2021).
- Yegorov S.G. Supply chain analysis, design and optimization using the AnyLogistix software / MMOD-2017 Conference, St. Petersburg, October 18-20, 2017, pp. 374-378. (In Russ.). Available at: <https://www.anylogic.ru/resources/articles/analiz-dizayn-i-optimizatsiya-tsepey-postavok-v-programmnom-obespechenii-anylogistix/> (accessed: 15.11.2021).
- Borshev A.V. Simulation modeling: state of the field as of 2015, trends and forecasts / MMOD-2015 Conference, Moscow, October 2015. (In Russ.).

Available at: <https://www.anylogic.ru/resources/articles/imitatsionnoe-modelirovanie-sostoyanie-oblasti/> (accessed: 15.11.2021).

5. Gerike B., Drozdenko Y., Kuzin E., Ananyin I. & Kuziev D. Formation of Comprehensive Service System of Belt Conveyor Gearboxes. *E3S Web of Conferences*, 2018, (41), 03011.

6. Pavlenko M.V., Khaidina M.P., Kuziev D.A., Pihorinskiy D. & Muratov A.Z. Impacts of the combine harvester in the production of coal to increase methane recovery array in the workspace lava. *Ugol'*, 2019, (4), pp. 8-11. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-8-11.

7. Pavlenko M.V., Barnov N.G., Kuziev D.A., Kenzhabaev K.N. & Monzoev M.V. Vibration impact through wells and the technology of degassing of the preparation of low-permeability coal seam. *Ugol'*, 2020, (1), pp. 36-40. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-36-40.

8. Khoreshok A., Ananiev K., Ermakov A., Kuziev D. & Babarykin A. Determination of the Rational Number of Cutters on the Outer Cutting Drums of Geokhod. *Acta Montanistica Slovaca*, 2020, Vol. 25(1), pp. 70–80. DOI: 10.46544/AMS.v25i1.7.

9. Grigoriev V.K., Ilyushechkin A.S. & Ovchinnikov M.A. Quality assessment of a user interface based on the mental time of performing the user tasks of the subject area. *Russian Technological Journal*, 2019, Vol. 7(1), pp. 38-47. (In Russ.). DOI: 10.32362/2500-316X-2019-7-1-38-47.

For citation

Kozlova O.Yu. Discrete-event simulation of mine traffic flow. *Ugol'*, 2021, (12), pp. 12-14. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-12-12-14.

Paper info

Received September 22, 2021

Reviewed October 12, 2021

Accepted November 18, 2021

UNDERGROUND MINING