

УДК 004.946  
Маркіна Л.М., Мельник Я.Ю.  
Луцький НТУ

## МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**Маркіна Л.М., Мельник Я.Ю. Моделювання робототехнічних систем.** У цій статті проведено аналіз, розкрито суть та переваги комп'ютерних технологій та змодельовано робота-маніпулятора з використанням середовища ROS.

**Ключові слова:** моделювання, робототехнічні системи, робот-маніпулятор, комп'ютерні технології, автоматизація, ROS.

**Маркина Л.Н, Мельник Я.Ю. Моделирование робототехнических систем.** В этой статье проведен анализ, раскрыта суть и преимущества компьютерных технологий и смоделирован робота-манипулятора с использованием среды ROS.

**Ключевые слова:** моделирование, робототехнические системы, робот-манипулятор, компьютерные технологии, автоматизация, ROS.

**Markina L.M., Melnyk Y.Yu. Modeling of robotic systems.** In this article an analysis has been made, the essence and advantages of computer technologies are disclosed and a robot-manipulator is modeled using the ROS environment.

**Keywords:** modeling, robotics systems, robot manipulator, computer technologies, automation, ROS.

**Постановка проблеми.** Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем та процесів, а особливо коли мова йде про процеси, які не можна дослідити та спрогнозувати в режимі реального часу. В зв'язку з потужним розвитком автоматизації та робототехнічних систем, які є однією з головних складових даного напрямку. У досить розвиненому вигляді роботи аналогічно людині здійснюють активну силову і інформаційну взаємодію з навколишнім середовищем і завдяки цьому можуть володіти штучним інтелектом і вдосконалювати його. Постає проблема в складності проведення аналізу та керуванні даними системами без відриву від виробництва. Та за допомогою комп'ютерного моделювання це можливо.

**Аналіз останніх досліджень.** Комп'ютерні технології проникли і продовжують проникати в усі сфери, а особливо у науку та виробництво. Це відбувається завдяки спроможності комп'ютера посилювати інтелектуальні можливості людини. При застосуванні комп'ютерних технологій у навчанні з'являється можливість полегшити та якісно підвищити рівень засвоєння навчальної дисципліни на підприємствах та заводах покращити, як умови праці так і якість продукції. Необхідною умовою застосування комп'ютерних технологій у навчанні та не тільки є наявність відповідного програмного забезпечення. Розвиток комп'ютерних та інформаційних технологій дозволяє створювати достатньо трудомісткі програми (програмні комплекси) та розрахункові модулі, маючи при цьому високий ступінь точності одержуваних результатів і малу ймовірність помилки. В даний час за допомогою програмних засобів дослідник може реалізувати весь процес комп'ютерного моделювання і багатовимірного аналізу даних.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Недоступність середовищ для моделювання з подальшим застосуванням на сучасному виробництві та можливість проведення аналізу та досліджень без відриву від виробництва.

**Мета дослідження.** Моделювання робототехнічних систем та розробка системи керування.

**Виклад основного матеріалу.** Натурний експеримент (Natural experiment), тобто дослідження властивостей та поведінки об'єкта управління в певних умовах з використанням самого об'єкта, є важливою складовою у сферах проектування та управління – це об'єкт-замінник, створений з метою відтворення за певних умов суттєвих властивостей об'єкта-оригіналу. Модель може бути подана фізичним об'єктом, подібним до оригіналу, або описом об'єкта у вигляді математичних формул, тексту, комп'ютерної програми. Основним призначенням моделі в задачах управління є прогноз реакції об'єкта на керувальні впливи. Задача моделювання полягає в тому, що для заданого об'єкта потрібно підібрати такий опис, який у повній мірі відображав би оригінал з точки зору заданої мети моделювання.

Необхідною умовою для переходу від дослідження об'єкта до дослідження моделі і подальшого перенесення результатів на об'єкт дослідження є вимога адекватності моделі і об'єкта. Адекватність – це відтворення моделлю з необхідною повнотою всіх властивостей об'єкта, важливих для цілей даного дослідження. Це, мабуть, найголовніша властивість моделі, яка визначає можливість її використання. Оскільки будь-яка модель простіша за оригінал, ніколи не можна говорити про

абсолютну адекватність, при якій модель за всіма характеристиками відповідає оригіналу. Методи моделювання широко використовуються в різних сферах людської діяльності, особливо в сферах проектування та управління, де основними є процеси ухвалення ефективних рішень на основі отриманої інформації. Метою моделювання є здобуття, обробка, подання і використання інформації про об'єкти, які взаємодіють між собою і зовнішнім середовищем; а модель тут виступає як засіб пізнання властивостей і закономірностей поведінки об'єкта.

Комп'ютерне моделювання є одним з ефективних методів вивчення складних систем та процесів. Комп'ютерне моделювання полягає в проведенні серії обчислювальних експериментів на ЕОМ, метою яких є аналіз, інтерпретація та співставлення результатів моделювання з реальною поведінкою об'єкта та, при необхідності, наступне удосконалення моделі.

У зв'язку з повсюдною автоматизацією виробництва широкого поширення набули промислові роботи-маніпулятори, які в сукупності з програмованим логічним контролером утворюють робототехнічний комплекс. Такі системи дають можливість автоматизувати принципово будь-які операції, що виконуються людиною, а швидкість перебудови на виконання нових операцій при освоєнні нової продукції чи інших змінах у виробництві дозволяє зберегти за автоматизованим за допомогою роботів виробництвом, принаймні ту ж гнучкість, яку на сьогодні мають лише виробництва, які обслуговуються людиною.

Застосування такого робототехнічного комплексу в виробничому процесі дозволяє раціонально підійти до використання трудових ресурсів, підвищити якість виконання виробничої технологічної операції, знизити часові витрати на її виконання, знизити собівартість продукції за рахунок зменшення відсотка браку і зниження невиробничих витрат (оплати понаднормових робіт і простоїв робочих), збільшити випуск продукції, підвищити ефективність виробництва в цілому. Проведені нами дослідження показали, що найбільш ефективним методом дослідження будь-якої системи без відриву від виробництва є розроблення імітаційної моделі.

Імітаційна модель реалізується деякою комп'ютерною програмою чи пакетом програм, що імітує поведінку складної технічної, економічної, біологічної, соціальної чи іншої системи з потрібною точністю. Такі моделі використовують для дослідження змін об'єктів обраної системи дослідження, для створення комп'ютерних ігор, «виртуальних світів», навчальних програм та анімацій.

В даній статті ми спробуємо вам продемонструвати можливості одного із програмних середовищ, яке саме спрямоване на моделювання та керування робототехнічними системами, а саме роботом –маніпулятором, який дуже розповсюджений в умовах сьогодення та потребує постійного вдосконалення як конструктивного так і програмного. До таких програмних продуктів ставиться ряд вимог: здійснювати керування роботом-маніпулятором, надання можливості вибору режиму роботи, надавати можливість формувати програми автоматичного керування і їх завантаження з бази даних, формувати трьохвимірну візуалізацію з можливістю попереднього перегляду функціонування розробленої програми на етапі налаштування.

Сьогодні основним типом маніпуляційних систем роботів є маніпулятори з різними варіантами напівавтоматичного і автоматизованого управління, а також однопрограми автоматичні маніпулятори (автооператори і механічні руки). З'явилися вони головним чином для маніпулювання об'єктами, безпосередній контакт з якими для людини шкідливий або небезпечний.. Вони являють собою просторові механізми у вигляді розімкнутих, рідше замкнутих кінематичних ланцюгів з ланок, утворюють кінематичні пари з однією, рідше двома ступенями рухливості з кутовим або поступальним відносним рухом і системою приводів зазвичай роздільних для кожного ступеня рухливості. На кінці маніпулятора знаходиться робочий орган.

Ступені рухливості маніпулятора діляться на переносні і орієнтовані. Переносні ступеня рухливості служать для переміщення робочого органу в межах робочої зони маніпулятора, а орієнтують - для його орієнтації. Мінімально необхідне число переносних ступенів рухливості для переміщення робочого органу в будь-яку точку вільної робочої зони дорівнює трьом. Робочі органи маніпуляторів служать для безпосередньої взаємодії з об'єктами зовнішнього середовища і діляться на захватні пристрої і спеціальний інструмент. Вони призначені для того, щоб брати об'єкт, утримувати його в процесі маніпулювання і звільнити після закінчення цього процесу. У зв'язку з великою різноманітністю об'єктів маніпулювання розроблено велику кількість різних комбінацій цих типів захватних пристроїв і безліч спеціальних захватних пристроїв, заснованих на різних оригінальних принципах дії.

Після проведеного аналізу та особливостей робототехнічних систем ми прийшли до висновку, що сучасний стан і темпи розвитку даного напрямку потребує використання такої комп'ютерної системи, яка дозволить поєднати аналіз, керування, а саме головне це безкоштовне середовище, яке є універсальним, як для особистих потреб так і для виробничих. Для рішення наших проблем, було вибрано середовище Robot Operating System

Robot Operating System (ROS) - це гнучке середовище для написання програмного забезпечення для роботів. Це набір інструментів, бібліотек і угод, покликаних спростити завдання створення складної і надійної поведінки робота на різноманітних роботизованих платформах. Дана платформа є універсальною тому, що вона дозволяє створювати один проект багатьма експертами, які займаються розробкою окремої взятій частини системи, а потім відбувається об'єднання всіх складових системи. Середовище ROS співпрацює з усіма проведеними дослідженнями та розробленими моделями, які спираються на роботу один одного. Це дозволяє залучати фахівців не лише з одного відділу або виробництва, але і усіх хто займається даною проблемою.

Дане програмне середовище забезпечує таку реалістичну тривимірну візуалізацію, що цілком годяться і для якісної презентації, що ілюструє ті чи інші концепції або функції, для представлення потенційним замовникам, інвесторам або партнерам, а також у навчальному процесі при вивченні робототехніки. Ядро системи виглядає наступним чином

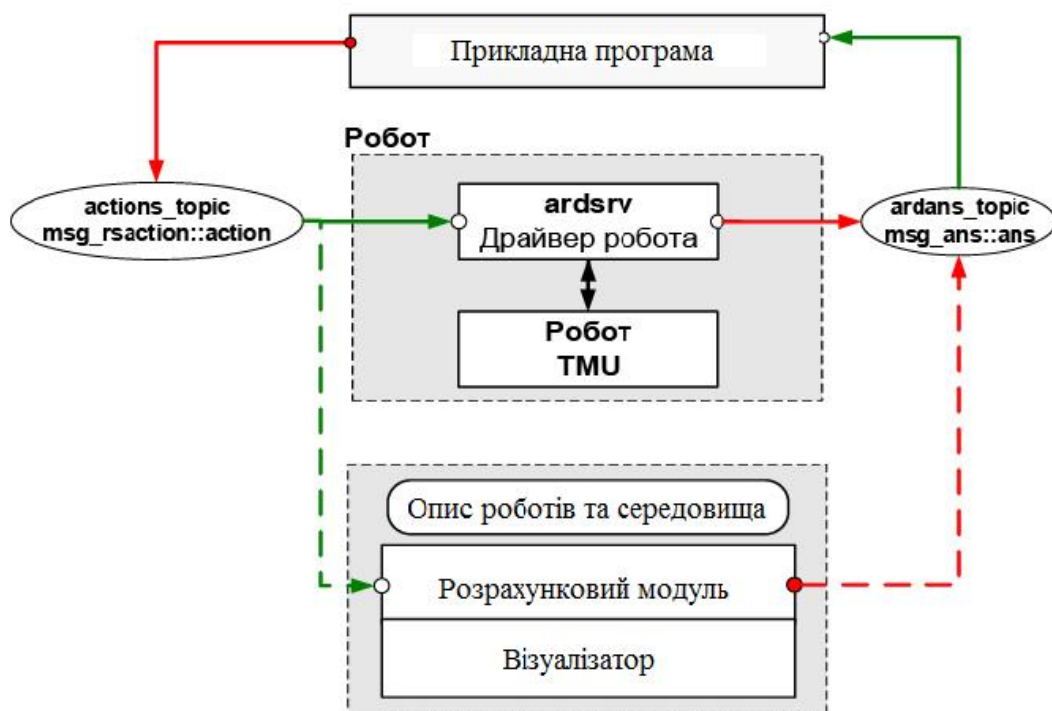


Рис. 1. Вигляд ядра системи

Для створення емуляції ROS використовує gazebo. Gazebo\_ros\_pkgs - це набір пакетів ROS, які надають необхідні інтерфейси для моделювання робота в тривимірному симуляторі твердого тіла Gazebo для роботів. Він інтегрується з ROS, використовуючи повідомлення ROS, сервіси та динамічне перенастроювання. Програмування робота проводиться за допомогою Move It. Даний пакет призначений для планування складних рухів для роботів будь-якої конструкції. Робот представляється у вигляді моделі з урахуванням всіх рухомих частин і обмежень на їх пересування. Далі можна розрахувати траєкторію всіх кінцівок робота при його переході з одного стану в інший. Для того щоб змодельовати робота-маніпулятора спочатку було розроблено модель в симуляторі Gazebo, яка виглядає наступним чином.

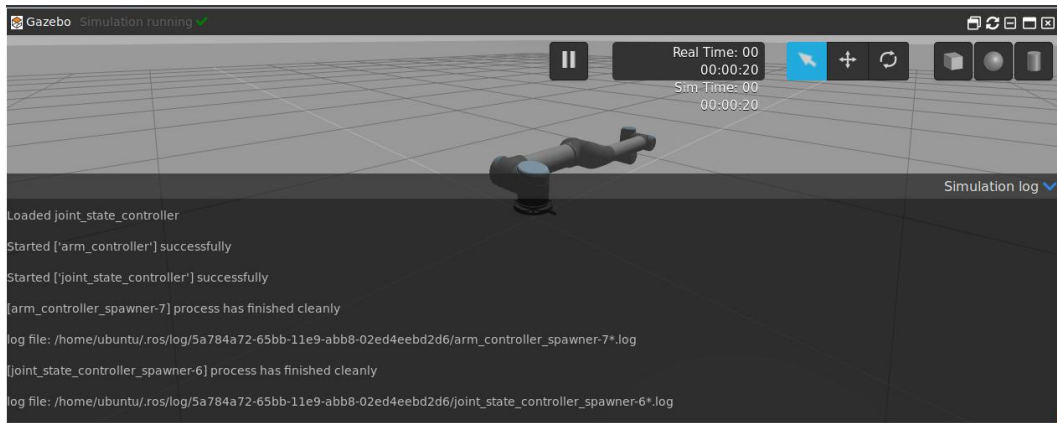


Рис. 2. Симуляція в Gazebo

Далі було розроблено систему керування, яка реалізується за допомогою підключення пакета Moveit.

Після завершення процесу моделювання було створено проект. Після чого, ми розробили такий алгоритм роботи для робота-маніпулятора, який необхідний саме для нашого виробництва на якому ця система в подальшому буде впроваджена. Одним із найбільш точних ланок промисловості є вирізання різноманітних фігур з металу за допомогою лазера. Даний технологічний процес потребує високої точності, тому дана ланка особливо потребує впровадження робототехнічних систем (роботів-маніпуляторів) або заміну вже існуючих, які не забезпечують необхідних показників якості.

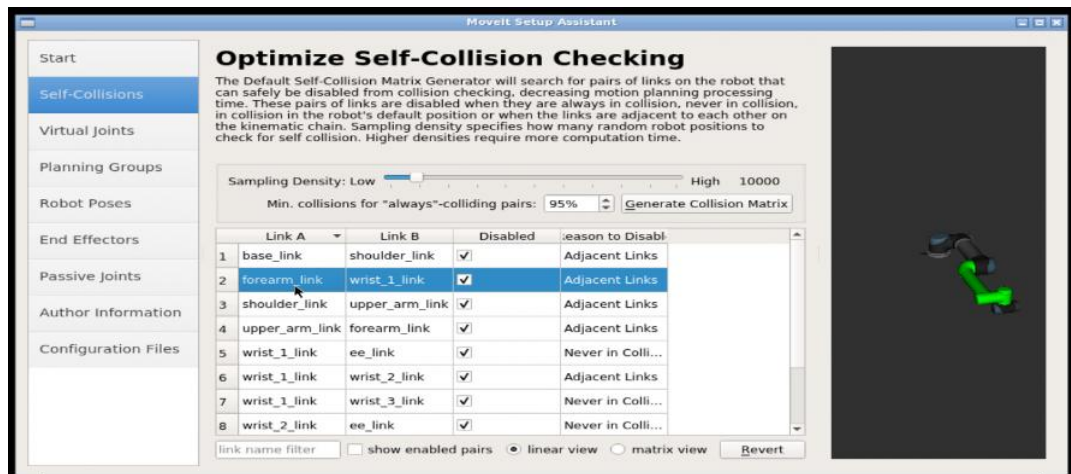


Рис. 3. Вибір основних ступеней вільності

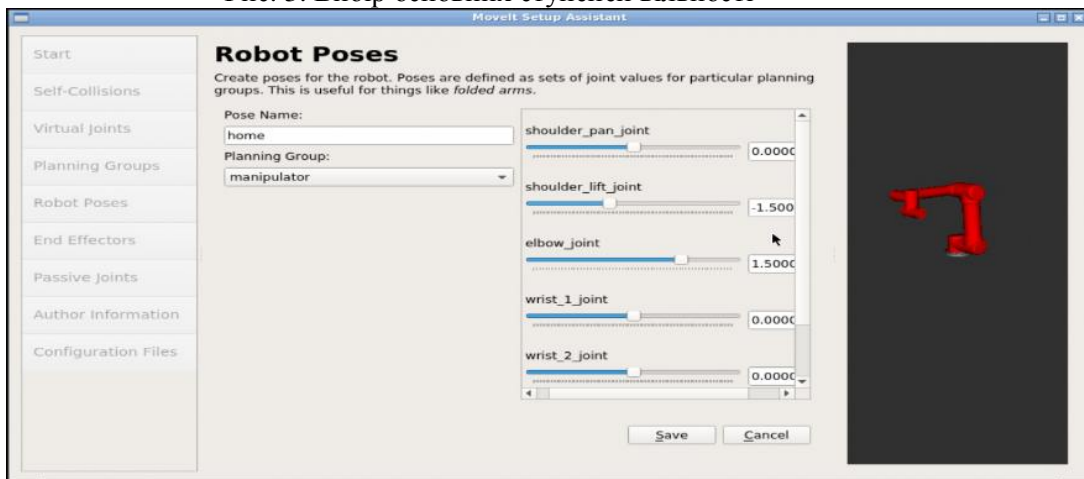
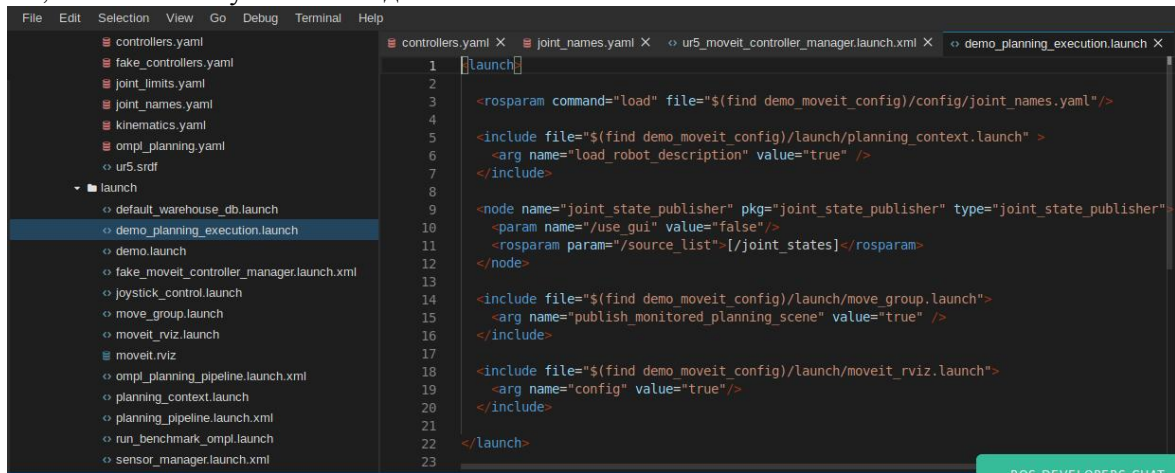


Рис. 3. Налаштування робота-маніпулятора.

В ході основних налаштувань середовище Robot Operating System формує код програми керування, який має наступний вигляд



```
File Edit Selection View Go Debug Terminal Help
controllers.yaml x joint_names.yaml x ur5_moveit_controller_manager.launch.xml x demo_planning_execution.launch x
1 [launch]
2
3 <rosparam command="load" file="$(find demo_moveit_config)/config/joint_names.yaml"/>
4
5 <include file="$(find demo_moveit_config)/launch/planning_context.launch" >
6   <arg name="load_robot_description" value="true" />
7 </include>
8
9 <node name="joint_state_publisher" pkg="joint_state_publisher" type="joint_state_publisher">
10   <param name="use_gui" value="false"/>
11   <rosparam param="/source_list">[/joint_states]</rosparam>
12 </node>
13
14 <include file="$(find demo_moveit_config)/launch/move_group.launch">
15   <arg name="publish_monitored_planning_scene" value="true" />
16 </include>
17
18 <include file="$(find demo_moveit_config)/launch/moveit_rviz.launch">
19   <arg name="config" value="true"/>
20 </include>
21
22 </launch>
23
```

Дане середовище підтримує Сі подібні мови програмування, що робить його більш доступним і універсальним.

Висновки. В статті проведено дослідження середовища Robot Operating System та представленні результати роботи. Після проведеної роботи можна зробити наступні висновки про моделювання робототехнічних систем в даному середовищі:

1. можливість моделювання роботів для будь яких виробництв;
2. використання сучасних мов програмування для розробки системи керування;
3. середовище ROS дозволяє детально дослідити та спрогнозувати поведінку роботи, як системи та і окремо взятого робота;
4. дане моделювання дозволяє вирішити цілий спектр простих та складних задач;
5. однією із особливостей є орієнтація на керування реальними робототехнічними системами.

**Перспективи подальших досліджень.** Моделювання та розробка більш складних робототехнічних систем з подальшим впровадженням.

1. Комп'ютерне моделювання в освіті. Матеріали III Всеукраїнського науково-методичного семінару 24 квітня 2008 року. Комп'ютерне моделювання в освіті / Матеріали III Всеукраїнського науково-методичного семінару: Кривий Ріг, 24 квітня 2008 р. – Кривий Ріг: КДПУ, 2008. – 60 с
2. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
3. Силаев А. А., Куликов А. С. Автоматизированная система управления роботом-манипулятором РМ-01 на базе программируемого логического контроллера СХ9001 фирмы ВЕСКНОFF // Молодой ученый. — 2010. — №4. — С. 86-89. — URL
4. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. / В.В. Денисенко; ред. Ю.Н. Чернышев. - М. : Горячая линия-Телеком, 2009. - 608 с.;
5. Юевич Е.И. Основы робототехники. Санкт-Петербург, 1985. – 252с.
6. [http://wiki.ros.org/gazebo\\_ros\\_pkgs](http://wiki.ros.org/gazebo_ros_pkgs)
7. <https://moveit.ros.org/>