

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА В ПАКЕТЕ FANUC ROBOGUIDE

Бахмутский Ю.А., Громько О.В.

УО «Белорусский государственный университет», Минск

В современном производстве широко распространены робототехнические комплексы (РТК) на базе роботов Fanuc. Однако традиционное проектирование таких комплексов и наладка их работы занимают много времени и сопряжены с большими дополнительными расходами. При натурной отладке возможен также выход оборудования из строя, например, из-за неточностей при налаживании совместной работы устройств РТК. И, самое главное, в процессе отладки рабочих режимов для операторов может возникнуть опасность из-за неправильного или нерационального расположения объектов РТК (когда не учтены зоны досягаемости роботов, не выставлены ограждения и т.д.).

В настоящее время появились возможности моделирования и программирования РТК ещё до внедрения их в производство. Одну из таких возможностей предоставляет японская корпорация Fanuc - компания-производитель числового программного управления (ЧПУ) и систем промышленной автоматизации, а также промышленных роботов. Разработанное ею программное обеспечение Fanuc Roboguide позволяет создавать компьютерные модели РТК, налаживать совместную работу отдельных его объектов и использовать полученные результаты для всесторонней симуляции, виртуальных испытаний, исследования кинематики и динамики комплекса и программирования рабочих циклов при создании реального РТК.

Процесс создания компьютерной модели РТК с использованием пакета программ Fanuc Roboguide можно условно разделить на 2 этапа: непосредственно моделирование технологического комплекса и написание программ для созданной модели.

В работе рассматриваются описанные задачи на примере следующего практически реализованного технологического процесса: с входного конвейера “*Fixture1*” приходит продукция, которая представляет собой заготовки “*Part1*”. Первый робот R-2000iA/165F занимается подготовкой слоя для паллетизации. Он берет по 3 заготовки с конвейера “*Fixture1*” и согласно заложенному алгоритму (используется два способа укладки, следовательно, существует два типа слоев) выкладывает их на платформе “*Fixture2*”. После завершения формирования слоя в целях предотвращения столкновения с другим оборудованием робот возвращается в исходное положение. Второй робот M410iB/300 получает разрешающий сигнал и забирает подготовленный слой с платформы “*Fixture2*”, а затем укладывает его на поддон, находящийся на конвейере “*Fixture3*”. Таким образом, для завершения формирования полной паллеты он должен уложить восемь слоев. Для укладки межслойных картонных листов служит третий робот – M710iC/20L. Последний после формирования разрешающего сигнала от робота M410iB/300 достает один картонный лист из диспенсера “*Fixture5*” и укладывает его на верхний слой паллеты на конвейере “*Fixture3*”.

Следовательно, процесс моделирования описанного технологического процесса включает следующие этапы создания модели:

- конфигурация объектов, добавление оборудования и типов заготовок;
- создание программ для робота, выполняющего операцию подготовки слоя;
- создание программ для робота, выполняющего операцию укладки межслойных картонных листов.

Для практического повышения стабильности паллеты вводится два типа слоев; причем, как правило, второй является перевернутой копией первого, а их складирование осуществляется поочередно. Для решения этой задачи также используются межслойные картонные листы.

Приведем основные этапы создания компьютерной модели РТК (рис. 1).

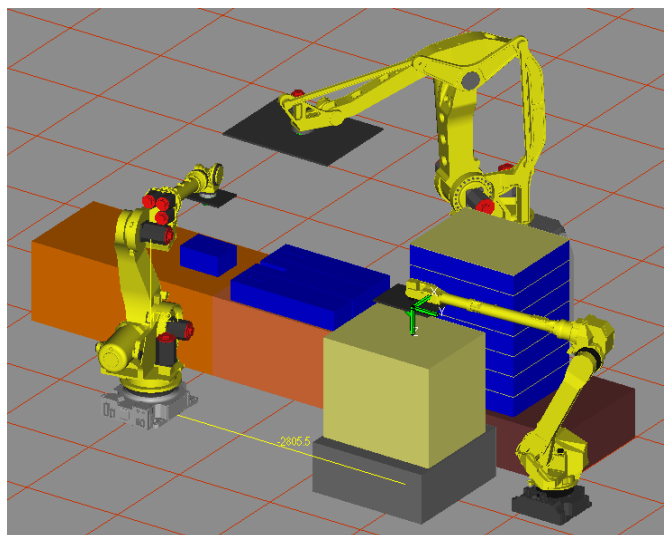


Рисунок 1 - Общий вид РТК

1. Добавляем все элементы проектируемого комплекса:
  - три робота манипулятора (сами роботы и инструменты для каждого робота);
  - элементы технологической оснастки (стол-конвейер, стол для укладки слоёв);
  - два типа заготовок (одна для слоёв, одна для межслойных листов).
2. Располагаем элементы согласно схеме размещения в проекте. Устанавливаем необходимые размеры для каждого элемента.
3. Выполняем конфигурацию каждого объекта:
  - устанавливаем связь каждого робота с соответствующим инструментом;
  - выполняем связь инструментов и элементов технологической оснастки с заготовками;
  - указываем, какие действия будут проводиться с заготовками (взятие/укладка);
  - выполняем синхронизацию роботов (посредством обмена сигналами).
4. Создаём программы для каждого манипулятора в проекте и главную программу, обеспечивающую взаимодействие между манипуляторами.

Далее приведен программный код для укладки слоя заготовок:

1: DO[1]=OFF	24: CALL PickPnt
2: J P[1] 100% CNT100	25: J P[14 ] 100% FINE
3: WAIT 0I(1)=0N	26: L P[15] 2000mm/sec FINE
4: CALL PickPnt	27: CALL Drop3P
5: J P[2] 100% FINE	28: L P[16] 2000mm/sec FINE
6: L P[3] 2000mm/sec FINE	29: CALL PickPnt
7: CALL Drop3P	30: J P[17] 100% FINE
8: L P[4] 2000mm/sec FINE	31: L P[18] 2000mm/sec FINE
9: CALL PickPnt	32: CALL Drop3P
10: J P[5] 100% FINE	33: L P[19] 2000mm/sec FINE
11: L P[6] 2000mm/sec FINE	34: CALL PickPnt
12: CALL Drop3P	35: J P[20] 100% FINE
13: L P[7] 2000mm/sec FINE	36: L P[21] 2000mm/sec FINE
14: CALL PickPnt	37: CALL Drop3P
15: J P[8] 100% CNT10	38: L P[22] 2000mm/sec FINE
16: L P[9] 2000mm/sec FINE	39: CALL PickPnt
17: CALL Drop3P	40: J P[23] 100% FINE
18: L P[10] 2000mm/sec FINE	41: L P[24] 2000mm/sec FINE
19: CALL PickPnt	42: CALL Drop3P
20: J P[11] 100% FINE	43: L P[25] 2000mm/sec FINE
21: L P[12] 2000mm/sec FINE	44: J P[26] 100% FINE
22: CALL Drop3P	45: DO[1]=ON
23: L P[13] 2000mm/sec FINE	46: WAIT 2.00(sec)

Для работы РТК необходимо программировать два различных способа укладки слоёв, однако программа для второго варианта укладки будет отличаться от первого только координатами точек, и поэтому здесь не приводится.

Программа для взаимодействия всех роботов в проекте (main) имеет вид:

- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1: J P[ 1] 100% CNT100       | 22: CALL PickPnt              |
| 2: CALL PickPnt              | 23: J P[14] 100% FINE         |
| 3: J P[ 2] 100% FINE         | 24: L P[15] 2000mm/sec FINE a |
| 4: L P[ 3] 2000mm/sec FINE   | 25: CALL Drop3P               |
| 5: CALL Oiop3P               | 26: L P[16] 2000mm/sec FINE   |
| 6: L P[ 4] 2000mm/sec FINE   | 27: CALL PickPnt              |
| 7: CALL PickPnt              | 28: J P[17] 100% FINE         |
| 8: J P[5]100% FINE           | 29: L P[18] 2000mm/sec FINE   |
| 9: L P[6] 2000mm/sec FINE    | 30: CALL Drop3P               |
| 10: CALL Drop3P              | 31: L P[19] 2000mm/sec FINE   |
| 11: L P[7] 2000mm/sec FINE   | 32: CALL PickPnt              |
| 12: CALL PickPnt             | 33: J P[20] 100% FINE         |
| 13: J P[8] 100% CNT10        | 34: L P[21] 2000mm/sec FINE   |
| 14: L P[9] 2000mm/sec FINE   | 35: CALL Drop3P               |
| 15: CALL Drop3P              | 36: L P[22] 2000mm/sec FINE   |
| 16: L P[ 10] 2000mm/sec FINE | 37: CALL PickPnt              |
| 17: CALL PickPnt             | 38: J P[23] 100% FINE         |
| 18: J P[ 11] 100% FINE       | 39: L P[24] 2000mm/sec FINE   |
| 19: L P[12] 2000mm/sec FINE  | 40: CALL Drop3P               |
| 20: CALL Drop3P              | 41: L P[25] 2000mm/sec FINE   |
| 21: L P[13] 2000mm/sec FINE  | 42: J P[26] 100% FINE         |

Построенная модель роботизированного комплекса имеет широкое применение в практике производства, в частности, внедрена в итальянской компании Elettric80 (рис. 2).

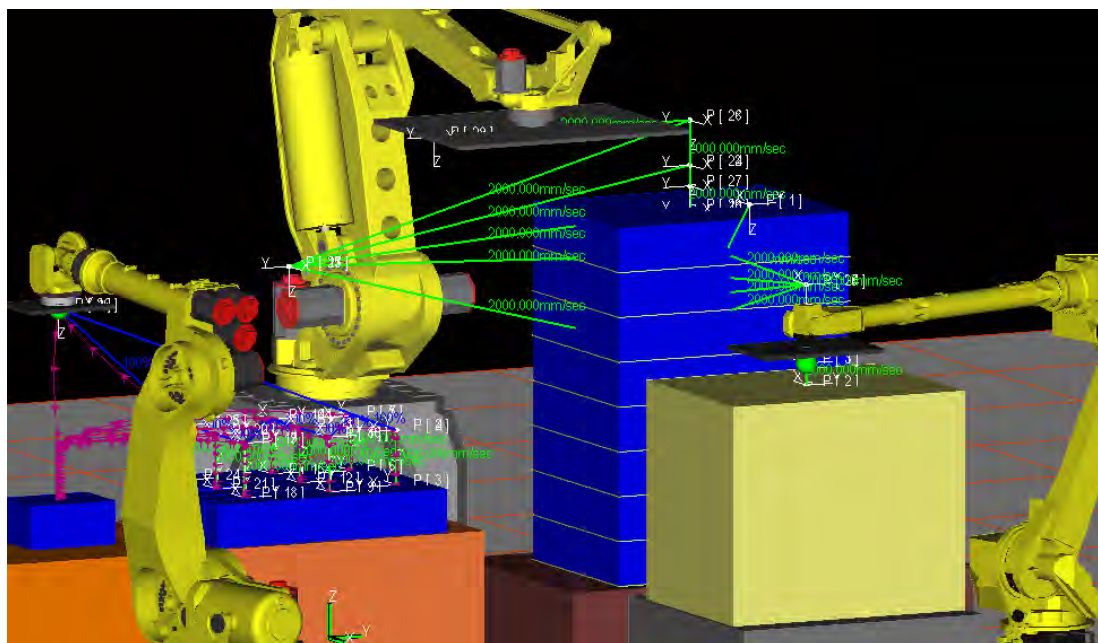


Рисунок 2 - РТК после выполнения программы

В построенной модели можно проводить измерения расстояний между объектами, траекторий, строить диаграмму рабочего времени, оценивать время «простоя». Все эти результаты измерения могут быть использованы для оптимизации рабочего процесса, т.е. снижать производственные издержки. На приведенных далее рис. 3,4 проиллюстрированы описанные выше возможности анализа и оптимизации производственных процессов.

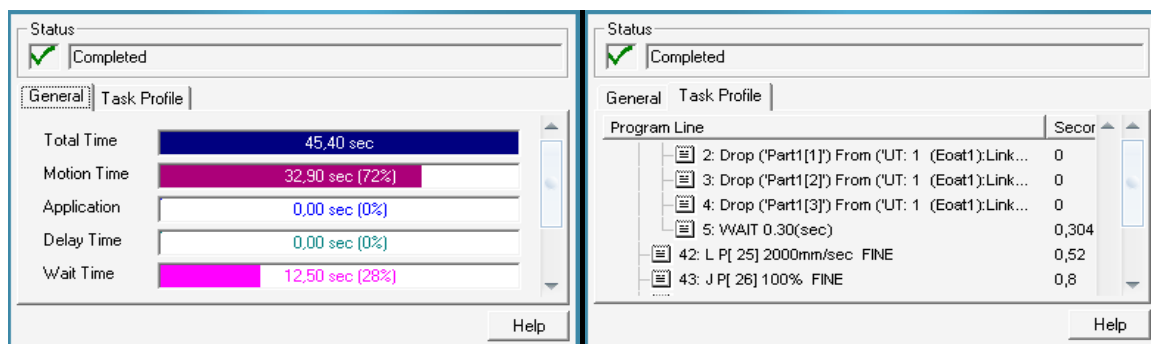


Рисунок 3 - Оценка рабочего времени и времени «простоя»

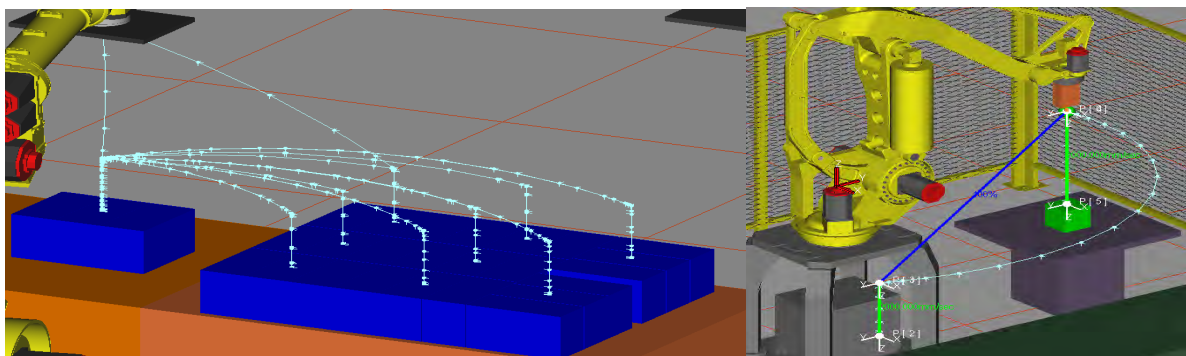


Рисунок 4 - Траектории движения роботов

И, наконец, отметим еще одно важнейшее преимущество изложенного в работе алгоритма создания компьютерной модели РТК. Оно заключается в том, что созданная программа может быть сразу же, без дополнительного тестирования и отладки, использована непосредственно на производстве. Для этого ее достаточно сконвертировать и загрузить в контроллер робота.

### Резюме

Статья посвящена комбинированному методу компьютерного моделирования на основе пакета программ Fanuc Roboguide для симуляции и анализа роботизированных комплексов. Дополнительное преимущество рассматриваемого подхода заключается в параллельном создании программ для контроллеров роботов. Эти программы могут использоваться в реальных технологических процессах, основывающихся на использовании смоделированного робототехнического оборудования.

### Литература

1. Робототехника. Кинематика и динамика манипуляторов: учеб.-метод. пособие / О. Н. Вярвьильская [и др.]; под общ. ред. проф. М. А. Журавкова. – Минск: БГУ, 2010. – 232 с.
2. Fanuc Robotics Industrial Robots and Robotic Automated Systems:
3. [Электронный ресурс]. М., 2012. URL: <http://www.fanucrobotics.com>.
4. Fanuc Roboguide: [Электронный ресурс] // CAD/CAM Software. М., 2012. URL: <http://www.johnhartsoftware.com.au/automation-software/fanuc-roboguide/>.
5. RobotWorx: [Электронный ресурс] // Simplify with Fanuc Roboguide. М., 2012. URL: <http://www.robots.com/blog/viewing/simplify-with-fanuc-roboguide-paintpro/515>.

### Summary

*The paper deal with combining method of computer simulation program Fanuc Roboguide to analyze and simulate robot mechanisms. The additional advantage of this approach is the program for robot controller. This program can be used for real technological process based on the modeled robotic equipment.*

Поступила в редакцию 11.11.2012