



УДК 004.896:004.5:621.865.8-5

О.А. Голубева, А.С. Ильин, И.Б. Прямыцын, О.А. Шмаков

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ РОБОТА

О.А. Golubeva, A.S. Il'yin, I.B. Pryamitsyn, O.A. Shmakov

FEATURES OF PROGRAMMING OF MANAGEMENT OF LINEAR MOVEMENTS OF THE ROBOT

Для линейного перемещения роботов различного назначения, подвешиваемых на тросах (кабелях) или установленных на подвесную рельсу или на наземные рельсы, предложен интерфейс, обеспечивающий удобные возможности управления. Пользователю предоставлены три шкалы регулируемого масштаба, таблица требуемых (запомненных) позиций, кнопки указания скорости и направления, селектор величины шага. Перечисленные возможности описаны и предложены в качестве унифицированных и эргономичных.

РОБОТ. ЛИНЕЙНЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ. ИНТЕРФЕЙС. УНИФИКАЦИЯ.

For linear movement of the robots of different function suspended on cables or installed on suspended to a rail or on land rails, the interface providing convenient possibilities of control is offered. Three scales of adjustable scale, the table of the demanded (remembered) positions, buttons of the indication of speed and the direction, the selector of size of a step are provided to the user. The listed opportunities are described and offered as unified and ergonomic.

ROBOT. LINEAR MOVEMENTS. INTERFACE. UNIFICATION.

В настоящее время, когда все более широкое применение получают портативные видеокамеры, транслирующие изображение на центральный пост, когда для обеспечения точности позиционирования видеокамер в комплекте с другой робототехнической аппаратурой требуемого назначения все более широко применяются прецизионные электроприводы или лазерные дальномеры, когда средства индикации и управления (в т. ч. ноутбуки), обладающие широкими возможностями, стали применимыми для использования в неблагоприятных условиях, — для программирования интерфейса также имеется широкий простор для творчества в решении требуемых задач управления перемещениями.

Например, на сайте [1] представлен каталог электроприводов фирм Maxon Motor (Швейцария), Harmonic Drive (Германия), Ever Elettronica (Италия) и др. На сайте [2] представлен каталог лазерных дальном-

меров, при этом указано наличие модуля беспроводной связи Bluetooth. Лазерный дальномер с такой функцией позволяет передавать данные измерений на компьютер для дальнейших расчетов. На сайте [3] представлен ноутбук General Dynamics Itronix GD8000 для экстремальных условий эксплуатации.

Самовыражение (самореализация) человека в техническом творчестве всегда существует и стимулируется [4, с. 46–47], а программисты в этом аспекте наиболее свободны. Разнообразие задач также порождает разнообразие средств, предоставляемых пользователям.

Как известно [5], основная функция пользовательского интерфейса — обеспечение оптимального информационного взаимодействия между человеком и компьютером. При этом проектирование интерфейса не сводится к простой компоновке элементов экранных форм по предписанным

рецептам. В решении поставленной задачи необходимо тщательно прорабатывать каждую мелочь прежде всего с точки зрения пользователя. Поэтому разработчики программного обеспечения всегда учитывают мнения и пожелания не только заказчиков, но и пользователей всех рангов.

Разработчики интерфейсов должны руководствоваться методологией, которая имеет статус особой науки, называемой *эргономика* [6].

При этом весьма важно, чтобы для решения однотипных задач был выработан единый стиль, позволяющий пользователю во всех случаях работать без необходимости существенно перестраивать свои привычки и навыки.

Недооценка эргономических факторов может привести не только к снижению эффективности человеко-машинной системы, но и к снижению ее безопасности.

Например, в авиации индикация углов тангажа и крена имеет два стиля («вид с земли на воздушное судно» и «вид с воздушного судна на землю»). Это порождает для летчиков серьезные трудности, чреватые катастрофическими последствиями [7].

Как видно, например, из [8, с. 104, рис. 3.8], несмотря на несомненную необходимость повышения уровня интеллекта роботов, приоритетный уровень управления всегда останется за человеком-оператором.

Поэтому для управления роботами целесообразно выделить класс задач «линейные перемещения», для этого класса сформировать унифицированный интерфейс.

Линейные перемещения могут быть горизонтальными (по подвесной рельсе или по наземным рельсам) или вертикальными (на тросе или кабеле, — вдоль высотных зданий и сооружений, в шахты, в глубину морских вод).

В любом из этих случаев характерно, что пользователь имеет необходимость чередовать задания разной степени точности, в разных масштабах.

Первоначально пользователь обычно желает дать задание приближенного характера: двигаться в заданном направлении, чтобы выполнить поиск объекта или

приблизиться к интересующему объекту, или найти удобный ракурс наблюдения, или чтобы выполнить замеры уровня радиации.

Сенсорные системы соответствующего назначения описаны, например, в книге [9]: в разделе 2.3 — для измерения радиации, в главе 3 — системы технического зрения.

Величина требуемого перемещения может быть указана, например, 30 м, и при этом программа управления выполнит перемещение в точности 30 000 мм. Например, в [9] в разделе 2.1 указано, что использование лазерного локатора SICK (Германия) обеспечивает точность 10 мм.

Но обычно первоначально не требуется миллиметровая точность. Пользователю важнее, чтобы посредством минимального количества нажатий кнопок (клавиш) или кликов указать лишь приближенную требуемую позицию относительно сделанных отметок на шкале выбранного масштаба.

По мере приближения к интересующему объекту пользователь обычно желает уточнить задание: снизить скорость и остановиться, а затем короткими шагами корректировать позицию. И в этом случае указывать величину требуемого шага требуется обычно лишь приближенно, но в более детальном масштабе.

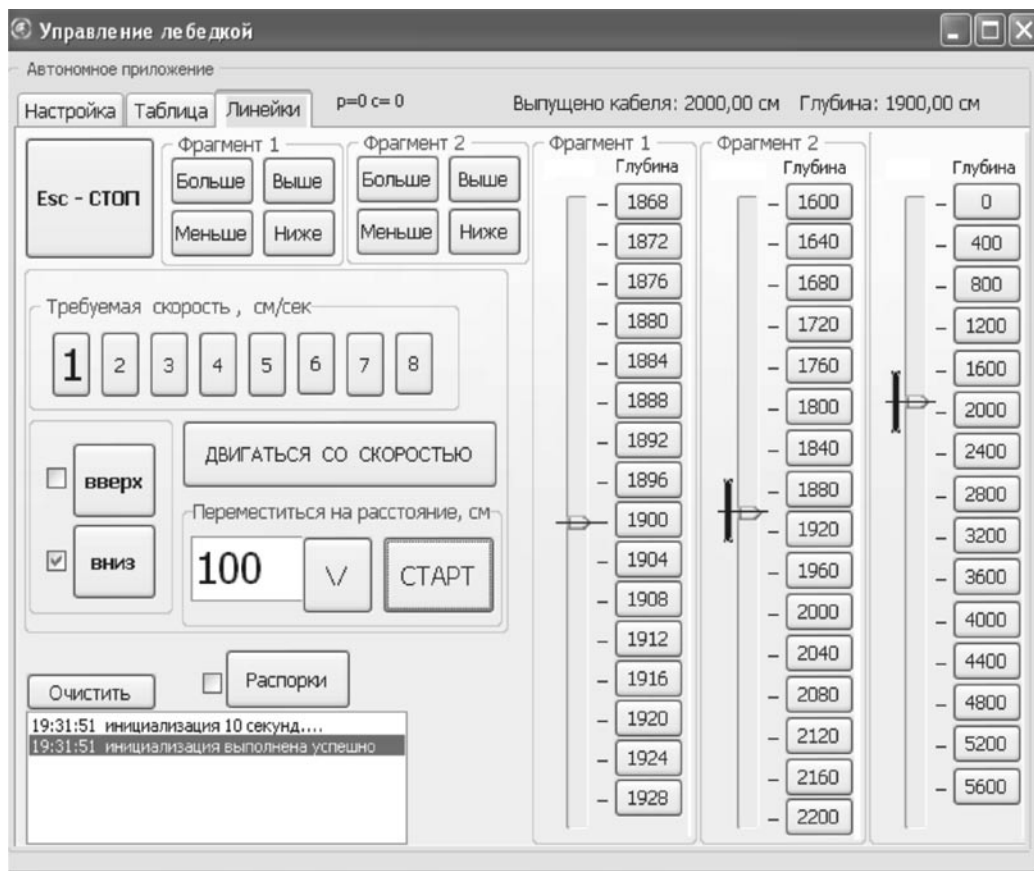
Выполнив позиционирование, пользователь обычно желает сохранить позицию в сортированной таблице, чтобы в дальнейшем, ограничиваясь указанием запомненной позиции, давать задание возвратиться в точности на ту же линейную координату.

К каждой запомненной позиции может потребоваться отдельный комментарий. Для ввода комментария удобно применять заготовленные шаблоны.

В этой же таблице могут содержаться планируемые или вычисленные позиции.

Перемещаемый робот обычно находится вне поля зрения пользователя. Контролирование положения робота происходит только средствами интерфейса.

В соответствии с перечисленными требованиями предлагается использовать три шкалы регулируемого масштаба, а также ряд других элементов интерфейса, представленных на рисунке.



Интерфейс управления лебедкой

Для вертикальных перемещений каждая вертикальная шкала имеет цифровые координатные отметки справа от шкалы, а указатель позиции имеет вид узкой горизонтальной полоски, которая пересекает не только эту основную шкалу, но и вертикальную полоску, находящуюся левее, указывающую размеры и положение соседней шкалы более детального масштаба, если она есть.

Этот образ соседней шкалы имеет противоположный цвет по сравнению с цветом шкалы.

Соседняя шкала более детального масштаба расположена с той же стороны, как и ее образ. Таким образом, крайняя левая шкала является наиболее детальной, а крайняя правая – наиболее общей.

Аналогично для горизонтальных перемещений среди трех горизонтальных шкал нижняя шкала является наиболее детальной, верхняя – наиболее общей.

Для каждой шкалы, кроме общей, имеется группа кнопок регулирования ее размеров и положения. Кнопками «Выше» и «Ниже» можно смещать шкалу на расстояние, равное 0,3 диапазона шкалы. Этот коэффициент обозначим K – коэффициент трансформации, он должен быть регулируемым. При нажатии кнопок «Больше» и «Меньше» происходит увеличение/уменьшение размера диапазона шкалы в $1 + K$ раз, но не меньше удвоенного размера левой шкалы и не больше половины размера правой шкалы. При изменении масштаба шкалы пропорция расстояний от текущего положения до границ шкалы сохраняется неизменной. Но при этом также действует контроль, чтобы границы изменяемой шкалы не вышли за границы более общей шкалы.

Указанный коэффициент трансформации выбирается из тех соображений, чтобы пользователь мог настроить шкалу так, что-

бы видеть требуемую область (группу меток) в наиболее детальном масштабе. Занижая этот коэффициент, можно достичь более близкого размещения границ требуемой области к границам шкалы, но при этом от пользователя потребуются большее количество нажатий указанных кнопок регулирования. Пользователю не обременительно нажимать одни и те же кнопки несколько раз, только если при этом наблюдается меняющийся результат, вскоре приближающийся к желаемому.

В тот момент, когда робот достигает положения, соответствующего какой-либо границе шкалы, происходит автоматическая перенастройка границ так, чтобы текущее положение робота было на расстоянии $1 - K$ размера диапазона шкалы до той границы, в сторону которой движется робот. Этот параметр выбран из двух соображений противоположного характера:

чтобы смена границ диапазона шкалы мелькала не столь часто;

чтобы при новых границах положение робота было в поле зрения пользователя.

В состоянии, когда робот остановлен, пользователю предоставлена возможность с помощью мыши переместить указатель текущего положения, тем самым указывая требуемое положение.

Метки для шкал представлены в виде кнопок, нажатие которых означает старт на соответствующую позицию. Эта возможность доступна и во время движения робота.

Чем чаще размещены эти координатные кнопки, тем удобнее пользователю манипулировать роботом. Поэтому в соответствии с размером кнопки для автоматически вычисляемой цены деления применяется ближайшее минимально возможное округленное значение из набора (1, 2, 3, 4, 5, 10), а не только из набора (1, 5, 10), который рекомендован в [10]. С помощью переключателя предоставлена возможность выбрать индикацию абсолютных значений координат (от исходного положения робота) или относительных значений (от текущего положения) на кнопках вдоль шкалы.

Запомненные позиции также могут быть представлены в виде кнопок слева от каждой шкалы. Поэтому комментарии к пози-

циям рекомендуется применять не слишком длинные, применимые в качестве названий кнопок. Если сформированные кнопки у шкалы оказываются перекрывающимися, то верхней должна быть кнопка, координата которой записана в таблицу позже других координат. Трудность выбора перекрытой кнопки можно обойти, если переход к запомненной позиции выполнить путем выбора соответствующей строки таблицы с дальнейшим нажатием клавиши «Enter» или кнопки «На позицию».

Селектор скорости представлен в виде набора кнопок. Последняя нажатая кнопка (выбранная скорость) помечается крупным шрифтом цифры на кнопке. Пока робот остановлен, нажатие на кнопку скорости ни на что не влияет. После нажатия кнопки «Старт» или кнопки перехода к заданной позиции происходит ускорение до выбранной скорости. В ходе движения нажатие на кнопку другого значения скорости незамедлительно приводит к ускорению/замедлению до новой указанной скорости.

При выполнении операции перехода на заданную позицию селектор направления движения не играет роли, его состояние остается неизменным.

При движении робота заданная целевая позиция отличается от текущей позиции, выделена красным цветом.

Но если пользователь запустил движение в заданном направлении с заданной скоростью без указания целевой позиции, то должны действовать определенные априорные ограничения. А также уместно сделать пользователю напоминание о необходимости вовремя нажать кнопку «Стоп»: перевести название этой кнопки в режим мерцания.

Таким образом, в классе задач «линейные перемещения» пользователю предоставлена возможность наглядно получать полную информацию о текущем положении перемещаемого робота и управлять его движением с понятной необходимостью нажатия кнопок. Такого вида интерфейс предлагается использовать унифицированно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.aviton.spb.ru/catalog/elektroprivodyi/producers/>
2. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.rusgeocom.ru/catalog/lazernyie-dalnomeryi/>
3. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.morepc.ru/notebook/news.html?uin=not190320091>
4. **Юревич, Е.И.** Основы проектирования техники: Учеб. пособие [Текст] / Е.И. Юревич. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 148 с.
5. **Обознов, А.А.** Экспериментальный метод в проектировании пользовательских интерфейсов [Текст] / А.А. Обознов // Экспериментальная психология в России: Традиции и перспективы; Под ред. В.А. Барабанщикова. – М.: Изд-во Ин-та психологии РАН, 2010. – С 528–530.
6. **Баканов, А.С.** Проектирование пользовательского интерфейса: эргономический подход [Текст] / А.С. Баканов, А.А. Обознов. – М.: Изд-во Ин-та психологии РАН, 2009. – 184 с.
7. **Григорьев, И.И.** Драматическая индикация углов крена и тангажа на летательных аппаратах [Электронный ресурс] / И.И. Григорьев // Вестник МНАПЧАК. – 2010. – №3 (34). – Режим доступа: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-38585.html?page=5>
8. **Станкевич, Л.А.** Искусственный интеллект и искусственный разум в робототехнике [Текст] / Л.А. Станкевич, Е.И. Юревич. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 167 с.
9. **Юревич, Е.И.** Сенсорные системы в робототехнике: Учеб. пособие [Текст] / Е.И. Юревич. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. – 100 с.
10. **Мунипов, В.М.** Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник [Текст] / В.М. Мунипов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2001. – 356 с.

REFERENCES

1. Available <http://www.aviton.spb.ru/catalog/elektroprivodyi/producers/>
2. Available <http://www.rusgeocom.ru/catalog/lazernyie-dalnomeryi/>
3. Available <http://www.morepc.ru/notebook/news.html?uin=not190320091>
4. **Yurevich E.I.** Osnovy proektirovaniya tehniki: Ucheb. posobie. – St.-Petersburg: Izd-vo Politehn. un-ta, 2012. – 148 s. (rus)
5. **Oboznov A.A.** Eksperimentalnyy metod v proektirovanii polzovatel'skikh interfeysov / Eksperimentalnaya psihologiya v Rossii: Traditsii i perspektivy; Pod red. V.A. Barabanshikova. – Moscow: Izd-vo In-ta psihologii RAN, 2010. – S. 528–530. (rus)
6. **Bakanov A.S., Oboznov A.A.** Proektirovanie polzovatel'skogo interfeysa: ergonomicheskiy podhod. – Moscow: Izd-vo In-ta psihologii RAN, 2009. – 184 s. (rus)
7. **Grigorev I.I.** Dramaticheskaya indikatsiya uglov krena i tangazha na letatelnykh apparatakh / Vestnik MNAPChAK. – 2010. – № 3 (34). (rus) Available <http://rudocs.exdat.com/docs/index-38585.html?page=5>
8. **Stankevich L.A., Yurevich E.I.** Iskusstvennyy intellekt i iskusstvennyy razum v robototekhnike. – St.-Petersburg: Izd-vo Politehn. un-ta, 2012. – 167 s. (rus)
9. **Yurevich E.I.** Sensornyye sistemy v robototekhnike: Ucheb. posobie. – St.-Petersburg: Izd-vo Politehn. un-ta, 2013. – 100 s. (rus)
10. **Munipov V.M., Zinchenko V.P.** Ergonomika: chelovekoorientirovannoye proektirovanie tehniki, programmnykh sredstv i sredy: Uchebnik. – Moscow: Logos, 2001. – 356 s. (rus)

ГОЛУБЕВА Ольга Алексеевна – *ученый секретарь Центрального научно-исследовательского и опытно-конструкторского института робототехники и технической кибернетики, кандидат технических наук.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 21.
E-mail: ogolubeva@rtc.ru

GOLUBEVA, Olga A. *Russian State Scientific Center for Robotics and Technical Cybernetics.*
194064, Tikhoretsky pr. 21, St.-Petersburg, Russia.
E-mail: ogolubeva@rtc.ru

ИЛЬИН Анатолий Степанович – *старший научный сотрудник Центрального научно-исследовательского и опытно-конструкторского института робототехники и технической кибернетики, кандидат технических наук.*

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 21.
E-mail: toly@rtc.ru

IL'YIN, Anatoliy S. *Russian State Scientific Center for Robotics and Technical Cybernetics.*
194064, Tikhoretsky pr. 21, St.-Petersburg, Russia.
E-mail: toly@rtc.ru

ПРЯМИЦЫН Игорь Борисович — заместитель начальника отдела Центрального научно-исследовательского и опытно-конструкторского института робототехники и технической кибернетики.

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 21.
E-mail: pib@rtc.ru

PRYAMITSYN, Igor B. *Russian State Scientific Center for Robotics and Technical Cybernetics.*
194064, Tikhoretsky pr. 21, St.-Petersburg, Russia.
E-mail: pib@rtc.ru

ШМАКОВ Олег Александрович — начальник отдела Центрального научно-исследовательского и опытно-конструкторского института робототехники и технической кибернетики, кандидат технических наук.

194064, Россия, Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., д. 21.
E-mail: shmakov@rtc.ru

SHMAKOV, Oleg A. *Russian State Scientific Center for Robotics and Technical Cybernetics.*
194064, Tikhoretsky pr. 21, St.-Petersburg, Russia.
E-mail: shmakov@rtc.ru