



## Comparison of measured and modeled movements of the human lower limbs

Andrii Dmytrovych Shachykov, Patrick Henaff, Olexandr Petrovych Shulyak

### ► To cite this version:

Andrii Dmytrovych Shachykov, Patrick Henaff, Olexandr Petrovych Shulyak. Comparison of measured and modeled movements of the human lower limbs. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ, 2017, 978-6177577-38-5. <hal-01798594>

**HAL Id: hal-01798594**

**<https://hal.science/hal-01798594v1>**

Submitted on 21 Aug 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

## **СРАВНЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ И СМОДЕЛИРОВАННЫХ ДВИЖЕНИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА**

**Шачиков А. Д.<sup>1,2)</sup>, Henauff P.<sup>1)</sup>, Шуляк О. П.<sup>2)</sup>**

**<sup>1)</sup> Университет Лотарингии, 54052, Франция, Нанси,  
34 cours Léopold, e-mail: patrick.henauff@loria.fr**

**<sup>2)</sup> Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт им. И.Сикорского»,  
03056, Украина, Киев, просп. Победы, 37,  
e-mail: {andrii.shachykov, shulyak.alex.47}@gmail.com**

Вопрос сравнения измеренных и смоделированных движений нижних конечностей человека является актуальным в задаче моделирования моторной системы человека.

В данной работе вопрос рассматривается в связи с качественной оценкой соответствия результатов моделирования реальным движениям человека.

Под результатами моделирования подразумеваются зависимости от времени активности мышц нижних конечностей, пространственных координат и углов поворота суставов, а также сигналы взаимодействия с внешней средой, такие как давление стоп на землю.

Измеренные движения реальных испытуемых состоят из сигналов электромиограммы и зависимости от времени пространственных координат и углов поворота суставов.

Результаты рассматриваемой здесь модели зависят от набора параметров, для которых следует определить диапазон, при котором модель даёт схожие с реальными движениями результаты. Для этого необходимо определить вид общей формы результирующих сигналов и привести к ней результаты работы модели и измеренные сигналы.

Смысл предлагаемой к рассмотрению работы состоит в определении этой формы, а также в исследовании возможности использования количественного критерия близости рассмотренных сигналов для облегчения и повышения качества выбора параметров модели из рабочего диапазона.

Рассматриваемая модель моторной системы [1] содержит модель мышц нижних конечностей человека, управляемых нейронами генераторов ритмической активности [2]. Модель реализована в виде семи систем дифференциальных уравнений, вычисляемых в среде MATLAB. По одной системе на генератор ритмической активности для каждого сустава (тазобедренный, коленный и голеностопный суставы для двух ног) и одна система для мускульной системы.

Назначением модели является модельное изучение болезни Паркинсона как причины изменений походки вследствие необратимых изменений мозга.

Иллюстрируемый результат её работы приведён слева на рис. 1 и содержит зависимость от времени угла поворота тазобедренного сустава относительно туловища на протяжении полного цикла ходьбы.

На рис. 1 справа приведен диапазон углов поворота тазобедренного сустава, полученная измерением цикла ходьбы здоровых испытуемых [3] (серым цветом).

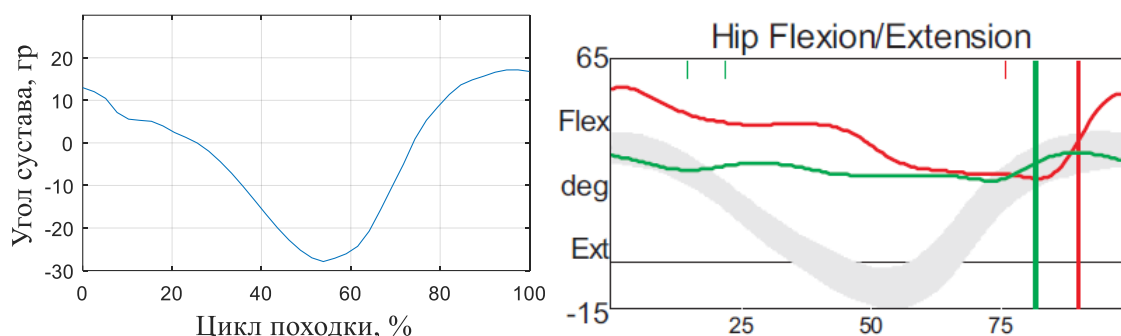


Рис. 1. Зависимости от времени угла поворота тазобедренного сустава относительно туловища на протяжении полного цикла ходьбы, полученные от модели (слева) и от испытуемых [3] (справа).

Качественным критерием сравнения является прямое сопоставление этих графиков при условии приведения диапазонов значений к общему стандартному диапазону. Для оси времени таким диапазоном является процент от периода полного цикла походки. Период начинается и заканчивается моментом контакта правой ногой с землёй. Ось угла поворота сустава выражается в градусах относительно туловища.

На основе этого качественного критерия принимается решение об изменении параметров модели, а также о выборе подходящего количественного критерия для автоматизации принятия такого решения для изменения всего набора параметров модели или его части.

#### Список литературы

1. Shachykov, A.D.; Henaff, P.; Popov, A.A.; Shulyak, A.P., "CPG-based circuitry for controlling musculoskeletal model of human locomotor system" 2017 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BioCAS), 19–21 October 2017, pp. 276-279.
2. Guertin, P.A., "Central Pattern Generator for Locomotion: Anatomical, Physiological, and Pathophysiological Considerations," Front. Neurol., vol. 3, 2013.
3. Beyaert, C.; Vasa, R.; Frykberg, G.E., "Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies," Neurophysiol Clin, vol. 45, no. 4–5, pp. 335–355, Nov. 2015.