

Подход за оценка на въздействието на сервизен робот със социално поведение в здравеопазването

Мая Димитрова^(1,2), Георги Ангелов⁽¹⁾

⁽¹⁾Институт по роботика, Българска академия на науките, София, България

⁽²⁾Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“

Абстракт—Статията представя нов подход за оценка на въздействието на сервизен робот със социално поведение в здравеопазването. Подходът е предложен на базата на обзор на статии, свързани с концепцията за кибер-физичната медицинска сестра. Аргументирана е необходимостта от моделиране на *социалния контекст* на взаимодействието пациент – сервизен робот за по-адекватно оценка на въздействието на робота върху човека.

Ключови думи—Сервизен робот, социално поведение, социален контекст, здравеопазване.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Сервизните роботи в здравеопазването изпълняват част от физическите задачи на медицинските сестри по отношение на индивидуалния пациент за по-ефективна съвместна грижа за пациента и по-малко натоварващо ежедневие на персонала. [1,2,3,4]. Когато сервизният робот изпълнява и социални функции – диалог и адаптиране към динамиката на взаимодействието – оценката на въздействието на робота върху човека се усложнява с необходимостта да бъдат взети пред вид не само индивидуалните медицински характеристики на пациента – *възраст* и *тежест на състоянието* – но и индивидуалните личностови характеристики.

Предложен е нов подход за моделиране на поведението на пациента в зависимост от следните фактори, имащи отношение към неговата личност – пол, характер и социален контекст на взаимодействието с робота. Подходът е предложен на базата на обзор на *статии*, свързани с концепцията за кибер-физичната медицинска сестра, представени в секция II на статията. Секция III представя новото в предложения подход за оценка на въздействието на сервизния робот със социално поведение, както и някои насоки за бъдещи изследвания.

II. КОНЦЕПЦИЯ ЗА КИБЕР-ФИЗИЧНАТА МЕДИЦИНСКА СЕСТРА

Концепцията за кибер-физичната медицинска сестра е представена в [5,6,7]. В [5] е формулирана концепция за кибер-физична медицинска сестра, която представлява хуманоиден сервизен робот със следните 4 характеристики: приятен, търпелив, учтив

и физически силен. Последната характеристика се отнася до необходимостта медицинската сестра да обслужва пациенти с ограничена подвижност, докато първите 3 – до умението тя да проявява емпатия към емоционалното състояние на пациента. Това се реализира чрез т. нар. социален сензор от високо ниво, който открива прояви като *привързаност* и използва този механизъм на взаимодействие с други хора за терапевтични цели [5].

В [6] е предложено социалният сензор да открива също прояви на *доверие* към робота. В емпирично проучване е показано, че роботите предизвикват от неутрални до позитивни оценки относно фактори като *доверие* или *общителност* като не е установена статистически значима разлика от реакциите към човек. Следователно няма негативни фактори относно използването на сервизни роботи със социално поведение в здравеопазването, които да заместват медицински сестри.

В [7] са добавени нови характеристики на кибер-физичната медицинска сестра – *прецизност* и *предвидимост*. Проучено е влиянието на фактора антропоморфизъм върху доверието, което може да се изгради между пациента и киберфизичната медицинска сестра. Участниците в проучването оценяват 3 неутрални лица - на андроид, робот със стилизирани черти на лицето и човек - от гледна точка на 3 положителни и 3 отрицателни социални черти – доверие, общителност и емоционална стабилност, както и агресия, странност и заплашителност. Участниците приписват положителни социални качества на неутрални лица, включително и на роботи, което говори за допустимостта да бъдат използвани сервизни роботи със социално поведение в здравеопазването. Нещо повече, тези лица не предизвикват асоциации с отрицателни социални характеристики. Това е в сила както за жените, така и за мъжете участници в проучването.

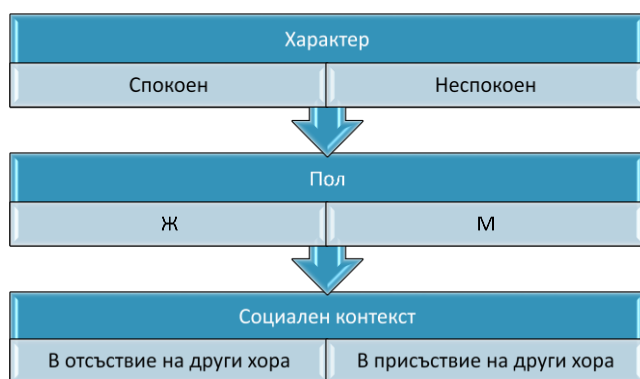
Установено е индивидуално предпочитание към различните типове роботи – с андроидни или стилизирани черти. Пепоръчва се предварително апробиране на взаимодействието на пациента с отделния тип робот.

В [8] е представен подход за реализиране на различните когнитивни функции на кибер-физичната

медицинска сестра NurseBot чрез модули за обработка на текст и глас за разпознаване на емоционално състояние и съответна гласова реакция към пациента.

III. ФАКТОРИ ЗА ОЦЕНКА НА ВЪЗДЕЙСТВИЕТО НА СРСПЗ

Предложеният подход за моделиране на поведението на пациента е в зависимост от следните фактори, имащи отношение към неговата личност – характер, пол и социален контекст на взаимодействието с робота (фиг. 1).



Фигура 1. Моделиране на поведението на пациента в зависимост от 3 определящи фактора – характер, пол и социален контекст.

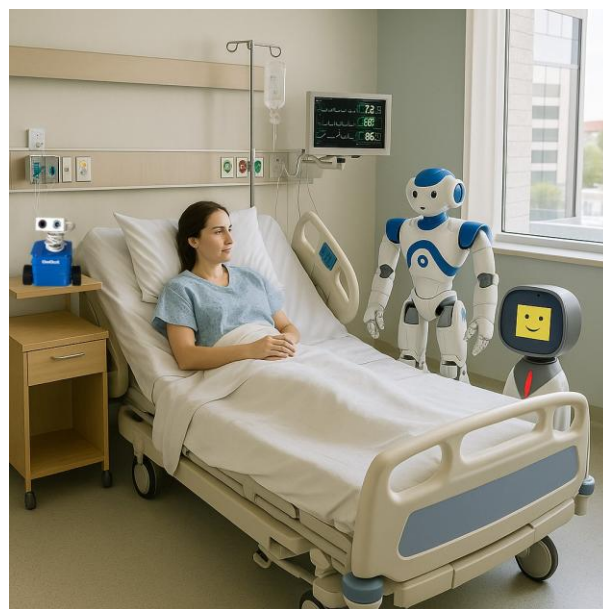
Особено важна характеристика на поведението на пациента е дали проявява признаци на неспокойство или е спокоен. Тази особеност може да е моментна – поради болка и дискомфорт, или устойчива характеристика на неговия характер. Първото ниво на диагностика оценява моментното състояние за овладяване на болката и стреса. Следващото ниво е оценка на характера на пациента когато болката е овладяна. В зависимост от това, дали характерът е спокоен или неспокоен, стратегиите на поведение на сестрата или сервизния робот са различни.

Поведението на сътрудничество се проявява най-адекватно когато пациентът е в спокойно състояние. В процеса на наблюдение на движенията и действията на пациента е възможно еднозначно да бъде определено състоянието му и да бъде взето решение относно необходимостта от интервенция – медицинска или психологическа. При тази преценка се взема пред вид и полът на пациента.

Установено е, че емоционалната реакция на негативни стимули е по-интензивна при жените, отколкото при мъжете [4]. Затова е важно полът на пациента да бъде отчетен на това междинно ниво на анализ.

Следващото ниво е преценката дали поведението на пациента се променя в зависимост от това, дали е сам или в присъствие на други хора. Нещо повече, установено е че отношението към робота зависи от вътрешни психологични особености като това, дали човек е социално-ориентиран или е индиферентен

към присъствието на други хора в процеса на взаимодействие с хуманоиден робот [5].



а)



б)

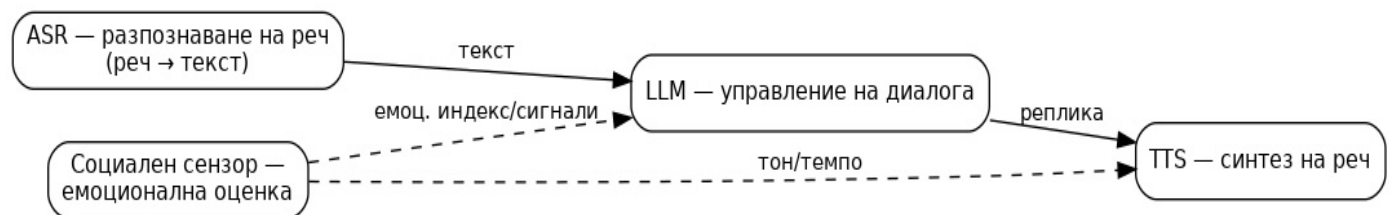
Фигура 2. Моделиране на поведението на пациента в зависимост от 3 определящи фактора – характер, пол и социален контекст а) в отсъствие на човек; б) в присъствие на човек (генерирано с помощта на SORA AI [6]).

Възможна хипотеза за бъдещо проучване е очакването, че отношението към сервизния робот със социално поведение е различно в зависимост от това, дали пациентът проявява отношението в присъствие на персонала/други хора, или не. Очакването е, че оценката на робота от социално ориентирани пациенти няма да се мени в зависимост от контекста, докато индиферентният пациент ще оценява робота

по различен начин в присъствието на други хора, отколкото в тяхното отсъствие. Следователно, стратегията на поведение към индивидуалния пациент трябва да бъде съответно адаптирана в зависимост от личностните особености на пациента.

IV. АРХИТЕКТУРА НА ДИАЛОГОВАТА ЧАСТ НА РОБОТА

Системата е изградена от четири основни комуникационни компонента: ASR (система за разпознаване на реч), LLM (голям езиков модел за управление на диалога) и TTS (синтезатор на реч), допълнени от мултимодален социален сензор за емоционална оценка. Във физическия слой роботът събира аудио-визуални и тактилни данни, чрез микрофони, камери, чувствителен на допир екран и други сензори.



Фигура 3. Архитектура на диалоговата система.

Звуковият вход се обработва предварително за да се повиши качеството на разпознаване чрез шумопотискане, VAD и честотна обработка, след което ASR превръща речта на пациента в текст. Текстът, се допълва от сигнали от социалния сензор, които се подават към голям езиков модел (LLM). Архитектурата на диалоговата система е представена на фиг.3.

Този модел поддържа състояние на диалог, извличайки в реално време намерения, и интерпретирайки контекста, а също и вземайки решения за следващ ход - например: информация, въпрос, обяснение, емпатична реакция, пауза или повикване към персонал за помощ. Накрая TTS синтезира отговора, като контролира темпото, интонацията и паузите, за да постигне подходящ емоционален тон и емпатично поведение.

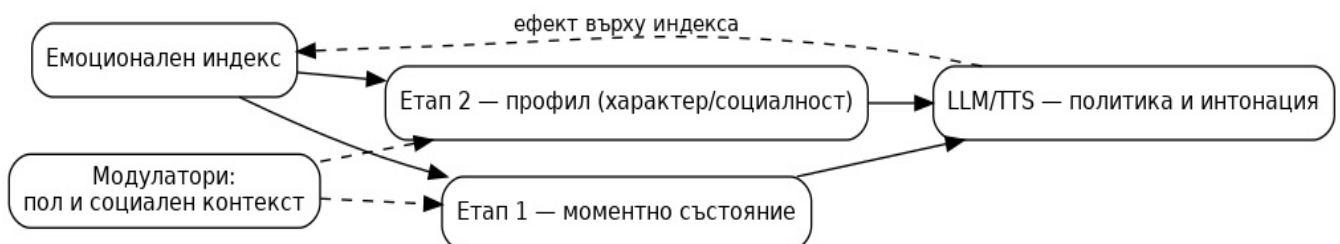
Сърцевина на системата е социалният сензор от високо ниво, чиято роля е да разпознава прояви като привързаност, доверие/недоверие и емоционална стабилност/напрегнатост, за да управлява терапевтичното взаимодействие.

Този сензор обединява три канала: (1) гласова просодия (тембър, височина, вариация, интензитет, микропаузи), (2) визуални индикатори (мимики, движение на очи, поза, двигателно напрежение) и (3) езикови маркери в самия текст (семантични и прагматични сигнали за тревожност, болка, обезпокоеност, доверие). Сензорът поддържа единен емоционален индекс с краткосрочна динамика (моментно състояние) и дългосрочни трендове (индивидуални особености), който се връщат към LLM за избор на стратегия и към TTS за настройка на интонация/темпо в отговорите на робота. Методиката за оценка следва двустепенна логика. Първо, системата определя моментното състояние: наличие на болка/дискомфорт, тревожност, раздразнение - на базата на остри промени в

емоционалния индекс.

Целта на това ниво е бързо овладяване на стреса чрез промяна на темпо и тон, въвеждане на кратки инструкции, пауза или извикване на персонал. След като острите симптоми се овладеят, се извършва оценка на характера - дали пациентът е по-скоро спокоен или неспокоен тип, социално ориентиран или индиферентен към присъствието на други хора. Тази оценка се използва за дългосрочна персонализация на диалога (например по-структурирани и кратки реплики при неспокоен тип; по-разгърната, дружелюбна комуникация при спокоен/общителен тип).

В методиката се включва и факторът пол: установено е, че емоционалната реактивност към негативни стимули е средно по-интензивна при жените, което налага по-деликатно въвеждане на информация и по-плавни преходи между теми, както и по-внимателно управление на темпото/интонацията. Тази особеност се отчита на междинно ниво при преценка за необходимостта от интервенция (медицинска или психологическа) и при настройка на праговете в емоционалния индекс.



Фигура 4. Алгоритъм за модулация на емоционалния индекс.

Съществен е и социалният контекст на взаимодействието. При социално ориентирани пациенти нагласите към робота са по-стабилни независимо дали разговорът е насаме или в присъствие на персонал/близки; при индиферентни пациенти е възможна контекстно зависима оценка – различно отношение, когато присъстват други хора. Оттук следва хипотезата: стратегията на робота да се адаптира спрямо контекста – например да редуцира излишната социалност при индиферентен пациент в груповата ситуация или да поддържа непроменена емпатична линия при социално ориентиран пациент независимо от присъствието на други. [об]

За управлението на съдържанието на диалога се използва тематичен модул - подбор на неутрални и успокояващи теми, поднесени като кратки, лесни за потвърждение въпроси/твърдения. Примерни блокове: ежедневен режим („Да измеря ли пулса или предпочиташ малко музика?“), кратки неутрални въпроси: („Кога през деня се чувстваш най-добре?“), насочени към контрол и предвидимост („Сега ще ти обясня стъпка по стъпка какво предстои“). LLM наблюдава ефекта на темата върху емоционалния индекс и динамично продължава, сменя или прекъсва темата.

Така темите стават инструмент за измерване и едновременно интервенция - „микро-експерименти“ за тестване на реакциите в реално време. Подходът е съвместим с извода, че поведението на пациента и отношението му към робота зависи от личностните и контекстните фактори и следователно би изисквало адаптивни стратегии. Интонационният контрол в TTS се използва като основна управляваща променлива за регулация на състоянието: при покачване на тревожност/болка - по-бавен темп, по-ниска амплитуда, удължени паузи; при стабилизиране – постепенно връщане към неутрален речеви профил. Тези промени се инициират автоматично от социалния сензор и се валидират от LLM според контекста (напр. прекъсване на обясненията и преминаване към успокояваща формула „Ще говоря по-бавничко; Кажете ми, ако имате нужда от почивка“). Алгоритъмът на взаимодействие между отделните компоненти е илюстриран на фиг.4

Валидацията на системата комбинира субективни и обективни мерки. Субективно се използват въпросници за комфорт, доверие и яснота; обективно – динамика на емоционалния индекс, показатели от просодия/мимика, честота на ескалациите и времето до стабилизиране на състоянието след интервенция. За да се осигури безопасност, LLM работи заедно с правила за граници, зададени в неговия промпт (напр. избягване на чувствителни теми без човешки надзор) и със специфични, предварително валидирани скриптове за критични ситуации.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статията представя нов подход за оценка на въздействието на сервизен робот със социално поведение в здравеопазването върху пациентите. Описани са основните характеристики на социалното поведение на сервизния робот, както и факторите, влияещи на оценката на пациента за робота. Представен е модел на адаптация на диалога на робота към особеностите на пациента и социалния контекст. Предвидено е апробиране на модела в емпирични условия.

Признателност. Изследванията са частично подпомогнати от ФНИ за проект No KP-06-ПН57/8 „Методология за определянето на функционалните параметри на мобилен колаборативен сервизен робот асистент в здравеопазването“ (2021-2025) и от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на ОП „Научни изследвания, иновации и дигитализация за интелигентна трансформация“ 2021-2027 г., Проект BG16RFPR002-1.014-0005 Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Li, T., Cao, J., Liang, J., Zheng, J. (2015). Towards Context-Aware Medical Cyber-Physical Systems: Design Methodology and a Case Study. *Cyber-Physical Systems* 1(1), 5-23.
- [2] Pepito, J. A., Ito, H., Betriana, F., Tanioka, T., Locsin, R.C., et al. (2020). Intelligent Humanoid Robots Expressing Artificial Humanlike Empathy in Nursing Situations. *Nursing Philosophy* 21(4), e12318.
- [3] Hu, J., Edsinger, A., Lim, Y.J., Donaldson, N., Solano, M., et al. (2011). An Advanced Medical Robotic System Augmenting Healthcare Capabilities Robotic Nursing Assistant. In 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 6264-6269.
- [4] Van der Putte, D., Boumans, R., Neerinx, M., Rikkert, M. O., De Mul, M., et al. (2019). A Social Robot for Autonomous Health Data Acquisition among Hospitalized Patients: An Exploratory Field Study. In 2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) pp. 658-659.
- [5] Dimitrova, M. Essential 'Human' Features of the Cyber-Physical Nurse. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 46, 1, Biomedical Research Network+, LLC, 2022, DOI:10.26717/BJSTR.2022.46.007285, 36979-36980
- [6] М. Димитрова, Л. Албул. Кибер-физична „медицинска сестра“ – роля и значение в здравеопазването. *Proceedings of the International Scientific Conference “Robotics & Mechatronics 2023”*. Complex Control Systems, Institute of Robotics, Bulgarian Academy of Sciences, 2023, ISSN:1310-8255.
- [7] Dimitrova, M., Valchkova, N.. Feasibility of the Cyber-Physical Nurse. *Proceedings of Tenth International Congress on Information and Communication Technology ICICT 2025, Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS, volume 1440)*, London, Volume 1, edited by: Xin-She Yang, R. Simon Sherratt, Nilanjan Dey, Amit Joshi, 1, 1, Springer Nature Singapore, 2025, <https://doi.org/10.1007/978-981-96-9709-0>, 127-137.

- [8] Angelov, G., Dimitrova, M.. Human-Robot Interaction in Educational and Healthcare Service Robots. Complex Control Systems, 9, Institute of Robotics, Bulgarian Academy of Sciences, 2025, ISSN: 2603-4697, <http://ir.bas.bg/ccs/2025/09/6.pdf>
- [9] Kaur, G., Bhattacharaya B., Dimitrova, M.. Cognitive and Neurocognitive Indicators of Perceived Emotions: Implications for Rehabilitation. In: Yang, X.S., Sherratt, R.S., Dey, N., Joshi, A. (eds) Proceedings of Eighth International Congress on Information and Communication Technology. ICICT 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, 695, Springer, Singapore, 2024, https://doi.org/10.1007/978-981-99-3043-2_89, 1073-1080.
- [10] Dimitrova, M., Wagatsuma, H., Tripathi, G. N., & Ai, G. (2019). Learner attitudes towards humanoid robot tutoring systems: Measuring of cognitive and social motivation influences. In: Dimitrova & H. Wagatsuma (Eds.) Cyber-physical systems for social applications (pp. 1-24). IGI Global.
- [11] Sora | OpenAI. openai.com. December 9, 2024.