

## ინტელექტუალური სენსორები და მათი გავითარების პერსპექტივები

ომარ ტომარაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### რეზიუმე

განხილულია ინტელექტუალური სენსორები და სენსორული ტექნიკის შემდგომი განვითარების პერსპექტივები. ილუსტრირებულია ის კონკრეტული მაგალითები, რომელთა დამუშავებაც უკვე მიმდინარეობს. კერძოდ, გამახვილებულია ყურადღება იმ უახლეს სისტემებზე, როგორცაა „ინტელექტუალური შენობები“, „ჭკვიანი სახლი“, „ინტელექტუალური ტრანსპორტი“, „ინტელექტუალური სატრანსპორტო ქსელები“, ხელოვნური გრძნობის ორგანოების შექმნის პერსპექტივები, „შიგა მხედველობა“, მინიატურული სამედიცინო რობოტები და ა. შ.

**საკვანძო სიტყვები:** სენსორი. ინტელექტუალური სენსორი. სისტემა. ქსელი. გაზის სენსორი. სამედიცინო „მიკრორობოტები“. „ნანომედიცინა“. ხელოვნური ფაგოციტები. „რესპირაციტები“. გლუკორობოტები. სატრანსპორტო მიკრორობოტები. „ჭკვიანი სახლი“.

### 1. შესავალი

ინტელექტუალური სენსორების ტექნიკა ვითარდება როგორც არსებულის სრულყოფის მიმართულებით, ახალი სახის, ტიპების და ინტელექტუალური სენსორების ახალი კლასების შექმნის, ისე სენსორების სისტემის ქსელების შექმნის მიმართულებით.

შემოთავაზებულ ნაშრომში საუბარია აღნიშნული მიმართულებით მსოფლიოში დღეისათვის არსებულ მიღწევებზე და შემდგომ პერსპექტივებზე.

### 2. ძირითადი ნაწილი

დღეისათვის უკვე განიხილება ინტელექტუალური სენსორების საშუალებით ადამიანის ხელოვნური გრძნობის ორგანოების შექმნის პერსპექტივები. მათი საშუალებით შეიძლება შეიქმნას არა მარტო ადამიანის ზოგიერთი გრძნობის ორგანო არამედ ადამიანებს შეექმნას შესაძლებლობა უშუალოდ შეიგრძნონ ის, რაც ბუნე- ბიდან არ იყო გათვალისწინებული [1]. ასეთი ინტელექტუალური სენსორების სასიგნალო გამოსასვლელი შეიძლება პირდაპირ იყოს დაკავშირებული ნერვების დაბოლოებებთან. მაგალითად, მინიატურული ინტელექტუალური რადიაციის სენსორის „შეყვანით“ ადამიანს შეუძლია უშუალოდ შეიგრძნოს მცირე დოზის მაიონიზირებელი რადიაცია კი. თითოეულ ჩაცმული ხელოვნური „რადიაციის შემგრძნობი ორგანო“ გვეხმარება ადვილად მოვძებნოთ რადიაციის წყარო. გაზის სენსორის შეყვანის შემდეგ მფლობელს შეუძლია შეიგრძნოს ქიმიური შემდგენის არსებობა, რომელსაც შეუიარაღებელი ადამიანისთვის სუნის არა აქვს. სენსორების განვითარების მეშვეობით ადამიანებს საშუალება ეძლევა საჭიროების შემთხვევაში შეიძინონ „შიგა მხედველობა“. საქმე ის არის, რომ შეგნების დონეზე ჩვენ საერთოდ არ შევიგრძნობთ შიგა ბიოქიმიურ პროცესებს. ჩვენი სასიგნალო სისტემა ინფორმაციას გვაძლევს მეტაბოლიზმის დარღვევის შესახებ მხოლოდ ტკივილის

შეგრძნების სახით. სამწუხაროდ, ეს შეგრძნებები აღიძვრება დაგვიანებით. ორგანიზმში ჩანერგილ სენსორებს შეუძლია წარმატებით განსაზღვროს მნიშვნელოვანი ბიოქიმიური შეერთებების შედგენილობა (გლუკოზა, შარდი, ქოლესტერინი და სხვა) და ამის საჭიროების ადამიანს ჩაუტაროს შიგა მეტაბოლური მდგომარეობის მონიტორინგი. ჰიპერტონიით დაავადებულები, რომლებიც ვერ გრძნობენ აწეულ წნევას, შეუძლიათ გამოკვეთილად აღიქვან ეს ცვლილება. განუკურნებელი ალკოგოლიზმით დაავადებულმა ადამიანებმა შეიძლება „ჩაინერგონ“ სენსორი, რომელიც იძლევა ტკივილის შეგრძნებას ან ერთ-ერთი სპირტიანობის შემცველის სუნის შედეგად გულისრევას.

უახლესი მიკროსისტემური ნანოტექნოლოგიების გამოყენება შესაძლებლობას იძლევა შეიქმნას *ინტელექტუალური სამედიცინო „მიკრორობოტები“* [2], [3]. მათ აქვთ მიკრონული ზომები და ადამიანის ორგანიზმში შეყვანის შემდეგ შეიძლება იმოდროს სველ უჯრედებში, სისხლგამტარ ან ლიმფურ ძარღვებში, რომლებიც შეასრულებენ ფილიგრამულ სამედიცინო ფუნქციებს. ეს გახდება მომავალი „ნანომედიცინის“ დასაწყისი - ახალი კვლევის მეთოდების [4], ადამიანის ბიოლოგიური სისტემის მიკრო დონეზე მკურნალობის და კონტროლის. მაგალითად, პროგნოზირდება შეიქმნას:

- ხელოვნური ფაგოციტები, რომლებსაც შეუძლია ადამიანის სისხლში სწრაფად დამავადებელი ნაწილაკები ან ტოქსინები აღმოაჩინოს და აღმოფხვრას;
- „რესპირიციტები“, რომლებიც, ბუნებრივი ერიტროციტების მსგავსად, ფილ-ტვებში ჟანგბადის თადარიგის მნიშვნელოვან აკუმულირებას აკეთებს და მისა-მართის მიხედვით სისხლის ნაკადით აწვდის ორგანიზმის იმ უჯრედებს, რომლებიც ამას საჭიროებენ;
- გლუკორობოტები, რომლებსაც შეუძლია აკონტროლოს სისხლში გლუკოზის დონე და საჭიროების შენთხვევაში, გამოყოს თადარიგში არსებული ინსულინი;
- ტრანსპორტირების მიკრორობოტები, რომლებიც მიაწვდიან ექიმების მიერ დანიშნულ წამალს ადამიანის გარკვეულ დაავადებულ უჯრედებს და ა.შ.



ამ პროგრამის თანდათანობითი განხორციელება დაწყებულია. მაგალითად, ამერიკის კვების პროდუქტების და წამლების კონტროლის უწყებამ უკვე გასცა ნებართვა სამედიცინო პრაქტიკაში *მინიატურული აბ-ვიდეოკამერების* გამოყენებაზე, რომელიც მოთავსებულია 25 მმ სიგრძის სათავსოში (ნახ.1).

ნახ.1. საკვლევი აბი კამერის მხრიდან

შემდგომი განვითარება იყო მაკონტროლებელი რადიო კაპსულა, რომელსაც აქვს ექვსი გამომყვანი დაბოლოებეზე ხორკლიანი „ბრჭყალებით“. ისინი ხელს უშლიან გაცურებას მათი გადაადგილების დროს, თანაც ისინი ძალიან პატარებია, რომ არ დააზიანონ ფაქიზი ქსოვილი. ეს „მოჭიდება“ სრულიად საკმარისია, რომ მოწყობილობა არ გაქანდეს კუნთების პულსაციის შედეგად. ამიტომ ექიმს ეძლევა შესაძლებლობა მისთვის საინტერესო ადგილების უფრო დეტალურად შესწავლისათვის.

ევროპელი მეცნიერების მიერ უკვე შექმნილია აბი-რობოტის მაკეტი, რომელიც მოძრაობს რა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, ძებნის კიბოს საექვო ადგილებს. კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, გადაადგილებისას „აბი“ გადმოსცემს ფერად გამოსახულებას ექიმის მონიტორზე (ნახ.2). უჩვენებს კიბოზე დაავადების საექვო ადგილს, ექიმი „აბს“ უგზავნის რადიოსიგნალს, „აბი“ ჩერდება და ახდენს ამ ადგილის ანალიზს. ცნობილია, რომ კიბოს უჯრედების ზრდის ადგილზე ფორმირდება სისხლგამტარი კაპილარების ქსელის შედარებით სქელი ფენა,

კალგარის უნივერსიტეტიდან (University of Calgary) უელ ბედოუმი (Wael Badawy) დაამზადა „ინტელექტუალური აბი“ (Intelligent Pill, შემოკლებით — iPill), რომლის შედგენილობაში შედის გადამწოდი, რომელიც აკონტროლებს გარემოს ტემპერატურას და მჟავა-ტუტიანობის ბალანსს, მიკროკონტროლიორი, მიკროტუმბო, აგრეთვე 1მლ მოცულობის წამალი. აბი რეგულირდება ისე, რომ გამოუშვას წამალი გარკვეული დროის ინტერვალებით ან მოცემული მდგომარეობის შესაბამისად. ამისათვის მიკროკონტროლიორი ააქტიურებს მიკროტუმბოს, რომელიც გამოაგდებს საჭირო დოზის წამალს. აბის ენერჯის თადარიგი ჯერჯერობით ყოფნის დაახლოებით 4 საათის განმავლობაში.

მიკროქირურგებს, რომლებიც აკეთებენ ოპერაციებს თავის ტვინში, თვალებში, ყურის ნიჟარებში, მიკრომარღვებში ან ნერვების კვანძებში - ყველგან სადაც საჭიროა განსაკუთრებული სიზუსტე და უსაფრთხოება, მალე მოეწოდება ე.წ. „ციფრული სკალპელები“ (data knives). მათ საჭრისზე იქნება დაწოლის (წნევის) მინიატურული სენსორები და მიკროსენსორები, რომლებიც ქირურგს მისცემენ სიგნალს იმის შესახებ, რომ საჭრისის ახლოს არის სისხლგამტარი ძარღვი ან საპასუხისმგებლო ნერვის კვანძი.

<p>როგორ მუშაობს</p> <p>ვიდეოკამერა</p> <p>შუქლილი</p> <p>ბიოსენსორი</p> <p>ბალამტანი</p> <p>2. სპეციალური „გრეპერების“ გამოყენება, როგორც ჩერდება და ატარებს ქსოვილის შესაბამისი არის ანალიზს.</p>		<p>1. პაციენტი ყლაპავს აბ-რობოტს</p> <p>3. აბი რობოტი ბალანსცემს შედეგებს სამედიცინო კომპიუტერს</p>
---	--	---

ნახ.2. აბი-რობოტის მოქმედების სქემა ნაწლავების კიბოს დიაგნოზის დროს

უკვე მიმდინარეობს სამუშაოები სენსორული სისტემების შექმნაზე. ამის ცნობილი მაგალითებია ე.წ. „ინტელექტუალური ნაგებობები“ (англ. intelligent building, ნახ.3) [5,6].

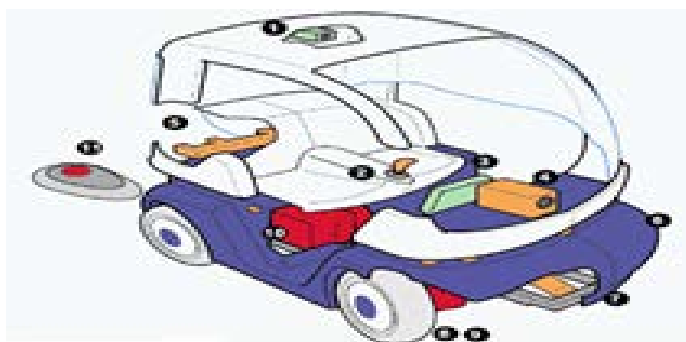
„ინტელექტუალური ნაგებობის“ მრავალი განმარტება არსებობს. სენსორების თვალსაზრისით ეს არის ნაგებობა, რომელიც აღჭურვილია მოფიქრებული, საკმაოდ სრული სენსორების სისტემით, რომელიც საშუალებას იძლევა ყოველმხრივ აკონტროლოს შენობის ფუნქციური მდგომარეობა და გონივრულად მართოს მისი ყველა



ნახ.3. ინტელექტუალური ნაგებობა. ნაჩვენებია მისი სისტემის მხოლოდ ნაწილი

მნიშვნელოვანი სიცოცხლის უზრუნველყოფა. პირველ რიგში საუბარია იმ სენსორებზე, რომლებიც აკონტროლებს ელექტრომომარაგების სისტემას, გაზის და წყლის მომარაგებას, გათბობას, ხანძარ საშიშროებას, განათებას, მიკროკლიმატს, შენობასა და მის ნაწილებში სანქცირებულ დაშვებას.

წარმატებით მიმდინარეობს სამუშაოები „ინტელექტუალური სატრანსპორტო სისტემების“ შექმნის მიმართულებით. ამის ნათელი მაგალითია აშშ-ს EDF, RATP და Andruet S.A. კომპანიების ურთიერთ თანამშრომლობით დამუშავებული „CyCab“ ექსპერიმენტული ელექტრომობილი (ნახ.4) [7, 8].



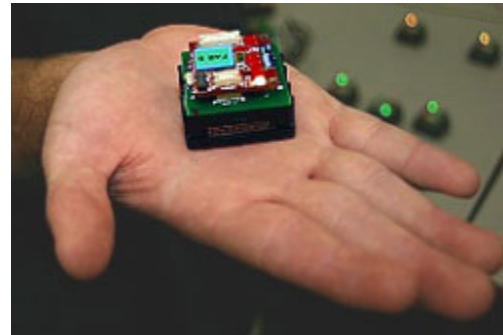
ნახ.4. ინტელექტუალური ელექტრომობილი "CyCab": 1-ვიდეოკამერა; 2-მართვის სახელური; 3-სენსორული ეკრანი; 4-მანძილის ინტელექტუალური სენსორი; 5-იკ კავშირის სენსორი; 6-უბ სენსორი შეჯახების ამრიდებელი; 7-მართვის მოწყობილობა; 8-ყოველ ბორბალზე თითო ელექტროძრავი; 9-ყოველ ბორბალზე თითო მუხრუჭი; 10-4

აკუმულატორიანი ბატარეა და ელექტროკვების სისტემა



თანამედროვე პირობებში მიმდინარეობს სამუშაოები სხვა „ინტელექტუალური სატრანსპორტო საშუალებების“ დამუშავების მიმართულებითაც. ეს არის სხვადასხვა ავტო-საგზაო, საჰაერო, საზღვაო, მდინარეების, სარკინიგზო სატრანსპორტო საშუალებების ავტომატური მართვის სისტემები. დასმულია ამოცანა, რომ შემთხვევითი ფაქტორების ზემოქმედების შედეგადაც (გაუთვალისწინებელი სიტუაციები, კომპონენტების მტყუნება) იფუნქციონირონ ისევე „გონივრულად“, როგორც გამოცდილი ადამიანი-ოპერატორი და უფრო საიმედოთაც. ეს შესაძლებლობები უზრუნველყო- ფილია შესაბამისი ინტელექტუალური სენსორების სისტემით.

ინტელექტუალური სენსორების შედგენილობაში მიკროკომპიუტერების და Bluetooth ტიპის მინიატურული უსადენო რადიონტერფეისის კვანძების არსებობა, საშუალებას იძლევა შეიქმნას *უმავეთულო სენსორული ქსელები* [9,10]. თანამედროვე სენსორების ზომების, ფასების და ენერგომოხმარების მიზანმიმართული შემცირება, გვახლოვებს სენსორული ქსელების ეპოქის შექმნასთან. ასეთი კავშირების შესაძლებლობის მინიატურული ინტელექტუალური სენსორები (ნახ.5) შეიძლება განვალაგოთ საკონტროლო ტერიტორიაზე და ისინი თვითონ ახორციელებენ კავშირს ერთმანეთში, აფორმირებენ უმავეთულო ქსელს და იწყებენ მონაცემთა გადაცემას წინასწარ მითითებულ პუნქტებზე. ქსელში გაერთიანებულ სენსორებს შეუძლია უმეტვალყუროს მიმდებარე გარემოში: ტენიანობას, წნევას, მოძრაობას, განათებას, ტემპერატურას და ა.შ.



ნახ.5. Intel კომპანიის მიერ დამუშავებული სენსორული ქსელის ერთ-ერთი თანამედროვე ელემენტი

### 3. დასკვნა

პროგნოზირდება ინტელექტუალური სენსორების საფუძველზე შეიქმნას ადამიანის ხელოვნური გრძნობის ორგანოები, სამედიცინო „მიკრორობოტები“ და ა.შ. ინტელექტუალურ სენსორთა სისტემა საშუალებას იძლევა შეიქმნას ბავშვების, ინვალიდების, შინაური ცხო-ველების და მცენარეების მომვლელი „ჭკვიანი“ რობოტები. უკვე აღიარებულია „ინტელექ-ტუალური ნაგებობის“, „ჭკვიანი სახლის“ „ინტელექტუალური ტრანსპორტის“ პერსპექტი-ულობა. იქმნება *უმავეთულო სენსორული ქსელები*.

ინტელექტუალური სენსორების წარმოება და გამოშვება არის მრეწველობის ახალი მზარდი დარგი, რომელიც ააქტიურებს ადამიანის მოღვაწეობის ყველა სხვა სფეროს, რასაც უკვე მოაქვს და ახლო მომავალშიც მოუტანს ადამიანებს დიდ სარგებელს.

### ლიტერატურა:

1. Варфоломеев С.Д., Евдокимов Ю.М., Островский М.А. (2000). Сенсорная биология, сенсорные технологии и создание новых органов чувств человека. Вестник Российской академии наук.70, № 2. – С. 99 – 108
2. Пул Ч., Оуэнс Ф. (2005). Нанотехнологии М.: Техносфера.
3. Ратнер М., Ратнер Д. (2004). Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи М.: Вильямс.
4. Freitas R. A. Jr. (1998). Exploratory Design in Medical Nanotechnology: A Mechanical Artificial Red Cell. Artificial Cells, Blood Substitutes, and Immobile Biotech. .26. – P. 411-430
5. Басина Н. (2005). «Интеллект» на поток СИО. – № 12
6. Летопись Интеллектуального зодчества М., 2000 – 2004
7. Козленко В. (2006). Интеллектуальные транспортные системы ММ. Деньги и технологии. – №3
8. Худяков Г.И. (2003). Транспортные информационно-управляющие радиоэлектронные системы: Уч.пос. СПб СЗТУ.
9. Крошечные, вездесущие и всемогущие Podcasts Mobile-Review. (2006). № 10
10. Александров К.С. (2007). Пьезоэлектрические кристаллы для акустоэлектроники, пьезотехники и сенсоров Новосибирск: Изд-во СО РАН.

### INTELLIGENT SENSORS AND THEIR DEVELOPMENT PROSPECTS

Tomaradze Omar  
Georgian Technical University

#### Summary

Considers intelligent sensors and prospects of further development of sensor technology. Are demonstrated the specific examples of the development of which is already under development.. In particular, attention is exacerbated on such contemporary systems as „smart buildings”, „smart house”, „intelligent transport”, „intelligent road transport systems”, possibilities for the creation of artificial human senses, „inner vision ”, „miniature intelligent medical micro robot” and so on.

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

Томарадзе О.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Рассматриваются интеллектуальные сенсоры и перспективы дальнейшего развития сенсорной техники. Иллюстрируются те конкретные примеры разработка которых уже осуществляется. В частности, внимание обостряется на такие новейшие системы которыми являются: „интеллектуальные здания”, „умный дом”, „интеллектуальный транспорт”, „интеллектуальные транспортные системы”, перспективы создания искусственных органов чувств человека, „внутреннее зрение”, „миниатюрные интеллектуальные медицинские микроботы” и т. д.