

## **B.1. Propunerea de proiect (max. 10 pagini în limba română )**

### *Dispozitiv de poziționare precisă a echipamentelor de recoltare a energiei folosind inteligență artificială cu algoritmi genetici*

#### **1. Domeniul științific:**

3. Surse regenerabile de energie

**2. Cuvinte cheie:** algoritmi genetici, inteligență artificială, panou solar, poziționare precisă, recoltarea energiei, robot, sistem adaptiv.

#### **3. Obiective, cu indicarea importanței acestora**

Generarea de energie verde în ziua de azi include alternative inteligente pentru energii regenerabile [1]. Numărul de panouri solare instalate a crescut cu 41 % între 2000 și 2015 [2]. Este mai puțin cunoscut că recuperarea investiției este în jur de 2,5 ani pentru nordul Europei și de 1,5 ani sau chiar mai puțin, pentru sudul Europei [6]. Considerând o durată medie de viață de 20 ani pentru un sistem fotovoltaic, acesta poate genera de 20 de ori mai multă energie decât a fost necesară pentru producerea sa [7]. Se estimează că în 5 ani, energia produsă de panourile fotovoltaice, va fi mai ieftină decât cea produsă prin arderea gazului sau a cărbunelui, iar în 20 ani aceasta va fi cea mai ieftină formă de recoltare a energiei [8].

Eficiența unei celule a crescut constant, randamentul maxim pentru o celulă mono-cristalină pe tehnologie de siliciu este de 25.6 % și 20.8 % pentru multi-cristalin. Pentru film CdTe valoarea este de 21 %, iar pentru CIGS este de 20.5 % [3]. Utilizând un dispozitiv care orientează panoul solar după soare, se poate mări chiar cu 30% eficiența acestuia față de varianta statică [11], [12]. Crescând eficiența panourilor solare, se poate reduce numărul acestora, scăzând costul și spațiul ocupat [4]. Realizarea unui astfel de dispozitiv robotizat nu este o sarcină ușoară, deoarece sistemul trebuie să funcționeze în orice condiții meteo, sistemul fiind plasat afară [5]. Implementarea este un proiect interdisciplinar de electronică, mecanică, mecatronică, automatizare și software [9], implicând o corelare meticuloasă cu un calcul matematic laborios între poziția soarelui și cantitatea de mișcare, care trebuie să fie efectuată de motoarele robotului [10].

Obiectivul propunerii este un dispozitiv robotizat de determinare a poziției echipamentelor de recoltare a energiei în speță a panourilor solare și secundar a turbinelor eoliene (Fig. 1), care determină poziționarea precisă a acestora, ca o continuare firească a preocupărilor anterioare ale echipei de cercetare.

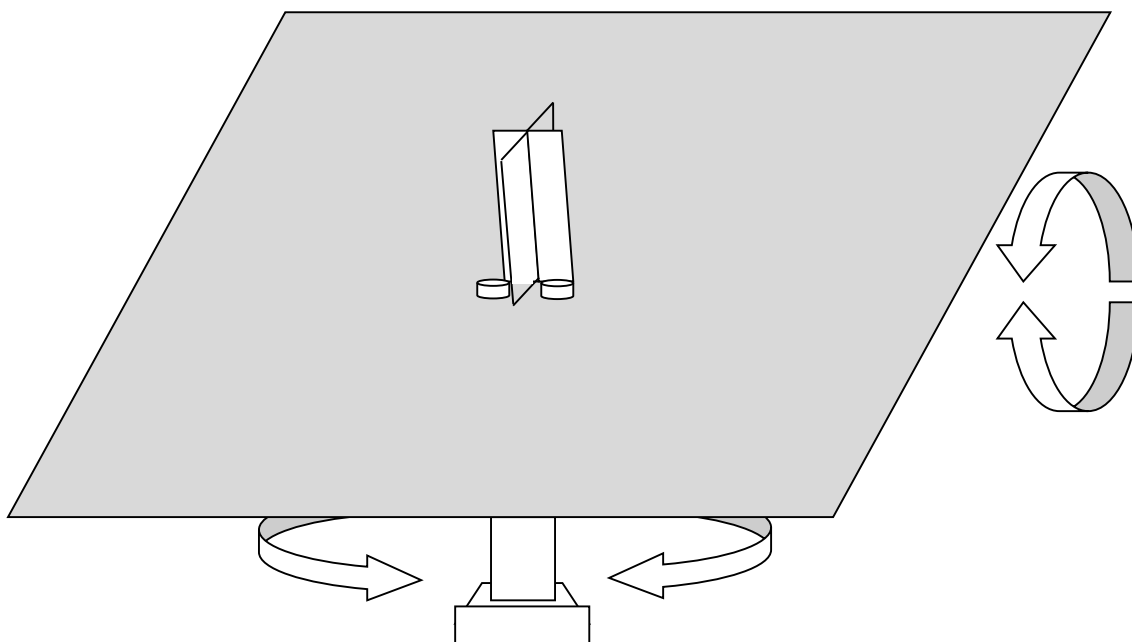


Fig. 1. Schema simplificată a dispozitivului propus de orientare a panoului solar către soare [original].

În final sistemul este proiectat, validat și construit, astfel încât să fie gata de produs de către o companie (TRL6). **Obiectivele** sunt corelate cu **strategia națională** în domeniul energiei precum și obligativitatea construcțiilor noi să se încadreze în standardele nZEB (nearly Zero-Energy Building), având autorizație de construire, începând din data de 31.12.2020 ([conform Legii nr. 372/2005 cu modificările și completările ulterioare, privind performanța energetică a clădirilor](#)), dar se circumscriu și cu **preocupărilor specialiștilor universității noastre**.

Scopul principal este de **a realiza un prototip robotizat funcțional**, care poate urmări soarele, care comandă și poate roti o fermă de panouri solare, pentru a crește eficiența acestora. Robotul va fi adaptabil necesității comunității locale, integrându-se și în domeniul **Smart City**, oferind prin intermediul unui portal date în timp real asupra orientării optime în arealul deservit. Produsul va fi acompaniat de un model fizic și teoretic, validat prin experimente și bine documentat. Dacă bugetul ar permite, s-ar putea atașa și un senzor de vânt, astfel încât să se poată obține și direcția vântului pentru a transmite informații specifice.

Se dorește să se facă un sistem “smart” în tehnologie IoT (Internet of Things), astfel să se conecteze sistemul și la internet pentru a prelucra un flux de date, care vizează date despre condiții meteo sau despre vreme pentru a avea o și mai precisă corelare a panourilor solare cu soarele. Se știe și faptul că iarna (în special în 21 decembrie) soarele ajunge la cel mai slab punct de orientare, la un unghi de iradiație minim, aproximativ  $17^\circ$  pe orizontală, iar în lunile de vară (în special în 21 iunie) soarele atinge cel mai ridicat punct, adică un unghi de  $64^\circ$  pe orizontală, astfel panourile solare se pot alinia conform.

Se va utiliza și inteligența artificială cu algoritmi genetici (inspirat din genetica biologică) pentru a avea un sistem care poate învăța și evolua, astfel cu cât utilizăm sistemul mai mult, cu atât va putea urmări soarele mai precis și va ști să orienteze panourile solare în orice anotimp sau condiție meteo.

Obiective adiționale, corelate cu implementarea proiectului cu succes:

- Publicarea rezultatelor științifice ale echipei în reviste recunoscute internațional cu factor de impact mare și depunerea de brevete de invenție la OSIM.
- Elaborarea unui algoritm și a unui sistem de control adecvat (*importanță mare*);
- Modelarea sistemului și validarea sa (*importanță mare*);
- Dezvoltarea unei pagini web interactive (*importanță medie*);
- Elaborarea unui set de lucrări de laborator pentru studenți (*importanță medie*).

Principalele argumente, care susțin fezabilitatea proiectului se bazează pe conceptul de a avea un sistem scalabil pe orice mărime, susținut de rezultate experimentale, echipa potrivită, infrastructura necesară și corelarea între buget și timp, susținute de:

- Cercetările anterioare ale membrilor echipei;
- Articolele deja publicate de membrii echipei, care sunt în concordanță cu subiectul propus;
- Experiența echipei (inginerie, robotică, electronică, programare);
- Pasiunea și dedicarea membrilor echipei pentru cercetare în general și roboți în special.

Sistemul constă din 3 părți majore: cea mecanică, pentru o poziționare precisă, realizată cu motoare și limitatoare de cursă, o parte de comandă cu placă de dezvoltare + software și sistemul de senzori.

Prototipul va fi controlat de placa cu FPGA ZedBoard, deja achiziționat (Fig. 2). Această abordare permite reconfigurarea hardware a sistemului, reprogramabilitate la distanță, putere ridicată de calcul. Vom utiliza 4 fotorezistori și/sau senzori pirheliometrici (Fig. 3), în dispunerea prezentată pe Fig. 4. folosind pereți despărțitori pentru a delimita cele patru cadrane de mișcare ale robotului, pe cele două axe ( $0x$  și  $0y$ ). Sistemul va utiliza un sistem de

coordonate cartezian. Se poate utiliza și un “tilt” senzor în tehnologia MEMS (Microelectromechanical Systems) care ar furniza suplimentar înclinațiile dorite. Activitățile proiectului sunt descrise mai pe larg în metodologie.

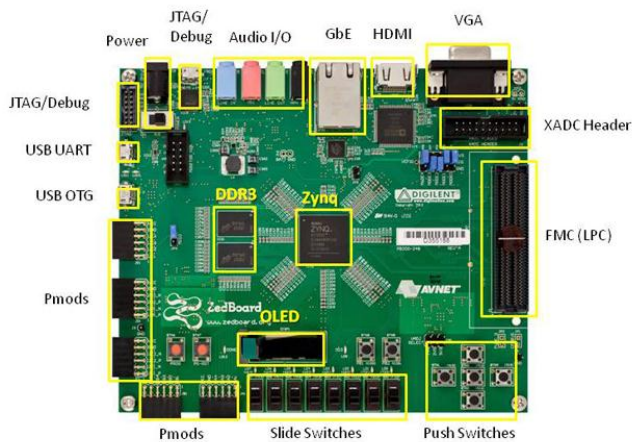


Fig. 2. Controller – placa cu FPGA Digilent ZedBoard [14].



Fig. 3. Pirheliometru Kipp & Zonen SHP1 [15].

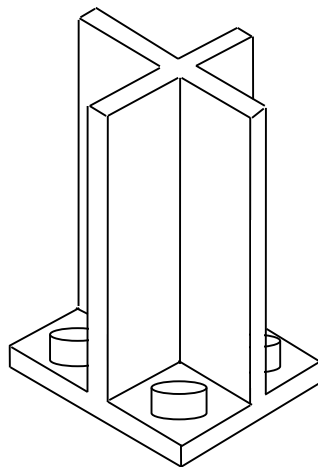


Fig. 4. Despărțirea senzorilor cu pereți pentru a urmări soarele [original].

Impactul cercetării este semnificativ, prin:

- Creșterea eficienței utilizării sistemelor cu panouri fotovoltaice mobile (dar și a celor termoelectrice);
- Utilitatea datelor colectate și disponibilitatea lor în timp real pentru comunitate;

- Redactarea mai multor lucrări noi de laborator (anul II Engleză, anul III Română, anul IV Engleză, anul II Master, la cinci discipline);
- Diseminare pronunțată (angajamentele sunt mari raportat la perioada de implementare a proiectului);
- Creșterea atractivității universității/facultății noastre și promovarea imaginii la caravana universității noastre în licee;
- Posibilitatea transferului tehnologic către o firmă.

*Technology readiness level (TRL) sau nivelul de pregătire pentru tehnologie (Fig. 5):*

În acest moment, **TRL1 este realizat** (Fig. 6). Principiile de bază sunt observate și raportate de cercetători, inclusiv de noi înșine. O invenție a colectivului nostru acoperă în întregime al doilea nivel, TRL2 – aplicarea este clar formulată. Precizăm că **TRL2 este de asemenea finalizat** (Fig. 7). Al treilea nivel (TRL3) este doar parțial finalizat la momentul propunerii. Noi avem un model funcțional și unele rezultate de laborator la scară mică, bazat pe configurația noastră experimentală. Această etapă urmează să fie finalizată printr-o extindere al standului nostru experimental, cu simulări și în principal prin validare experimentală. Etapa a 4-a (TRL4) este scopul final al proiectului (Fig. 5): un sistem de laborator complet funcțional.

În cele din urmă, propunerea **începe de la TRL3 și se termină cu TRL4**, având deja **TRL1 și TRL2 finalizate** și acoperă și unele aspecte din **TRL5**.

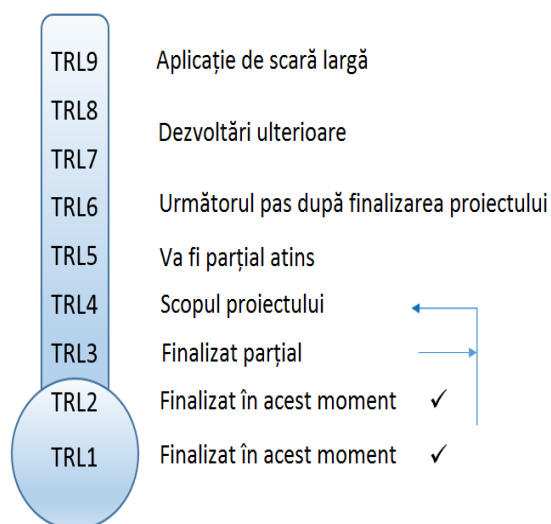


Fig. 5. Nivelurile TRL la începutul și la sfârșitul proiectului.

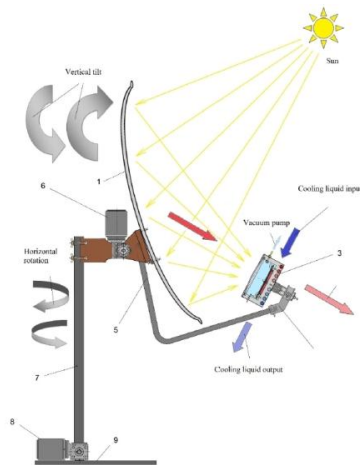


Fig. 6. Schema simplificată a unui sistem de recoltare a energiei, realizat în cadrul unui proiect anterior [13].



Fig. 7. Realizarea sistemului de recoltare a energiei, realizat în cadrul unui proiect anterior [original].

#### 4. Metodologie, cu indicarea gradului de originalitate

În proiect vor fi desfășurate activități grupate în 5 pachete de lucru (Fig. 8). Proiectul se va desfășura pe 20 luni.

- PL1 - Managementul proiectului, realizată pe toată durata sa, având o pondere redusă datorită dimensiunii echipei și a duratei de implementare.
- PL2 - Implementarea sistemului mecanic, presupune proiectarea, construcția și testarea sistemului care alcătuieste robotul descris.
- PL3 - Realizarea prototipului complet funcțional, realizarea, testarea și validarea părții electronice și a programului care comandă robotul.
- PL4 - Validarea experimentală, testarea finală a prototipului și implementarea paginii web.
- PL5 - Stadiul final, colectarea rezultatelor, documentarea acestora și diseminarea prin conferințe Web of Science.

**Originalitatea** și noutatea sistemului constă în concepția modulară, universalitatea și versatilitatea abordării, acesta fiind simplu, ieftin și scalabil.

**Originalitatea** mai constă și în faptul că se va crea un sistem cu inteligență artificială folosind algoritmi genetici, un sistem care va putea evolua și va fi cu atât mai precis cu cât se va utiliza mai mult.

Principalele **riscuri** sunt legate de finanțare (absența finanțării, întârzierea ei). Achizițiile, anevoioase, sunt consumatoare de timp (colectivul are experiență în domeniu). Plecarea

improbabilă a unui membru al echipei se **rezolvă** prin înlocuirea sa cu un coleg cu calificare similară.

O abordare similară ar fi de a utiliza placa cu FPGA Zybo, în loc de placa cu FPGA ZedBoard, ambele plăci fiind deja achiziționate.

Disponem de o bază materială bogată, obținută prin proiecte și finanțări anterioare 2 rack-uri PXI (NI PXI-1044) complet echipate, un PLC de la National Instruments CompactRIO (NI cRIO-9104), osciloscop (Rigol DS1052E, Metrix OX 6152-C), surse programabile de tensiune (Agilent N6700B), 6 servere locale (HP Compaq dc7800), 2 laptopuri (HP EliteBook Mobile Workstation 8530w, Lenovo V15-IIL), 6 roboți Lynxmotion (brațele robotice Lynxmotion AL5A și AL5B, 2 rovere A4WD1, hexapodul CH3-R, bipedul BRAT), plăci cu microcontroler (plăci de dezvoltare Cerebot 32MX4, Curiosity HPC), plăci cu microprocesor (Raspberry Pi), plăci cu FPGA (ZedBoard Zynq-7000 ARM/FPGA SoC, Zybo Zynq-7000 ARM/FPGA SoC) și o imprimantă 3D (Raise3D N2) pentru a imprima părți mecanice din plastic – toate echipamentele fiind achiziționate între 2008 și 2018, valoarea lor la momentul achiziției au fost de cca. 500 000 Euro – lista lor este aici: <https://erris.gov.ro/Centrul-de-Cercetari-SEI>.

## **5. Rezultate estimate intermediare/finale cu indicarea calendarului de activități**

1. 4 lucrări științifice la conferințe Web of Science, 1 lucrare științifică în jurnal Web of Science (zona roșie – Q1) sau zona galbenă – Q2) și 1 brevet de invenție;
2. Algoritm de calcul al poziției;
3. Prototipul complet funcțional;
4. Pagina de web interactivă (cu date experimentale măsurate și stocate în baza de date de pe cloud) fiind optimizată și pentru dispozitive mobile, care să funcționeze atât pe iOS cât și pe Android (am făcut ceva similar și la <http://tess.upt.ro/index.php>);
5. Numeroase lucrări de laborator și capitole de curs noi pentru studenții anilor: II Engleză, III Română, IV Engleză și II Master;
6. Dotarea laboratorului de Sisteme cu Logică Programabilă cu un robot care se orientează spre soare;
7. Posibilitatea utilizării robotului în promovarea universității noastre (implicit al facultății noastre).

Calendarul de activități se regăsește pe diagrama Gantt de pe Fig. 8.

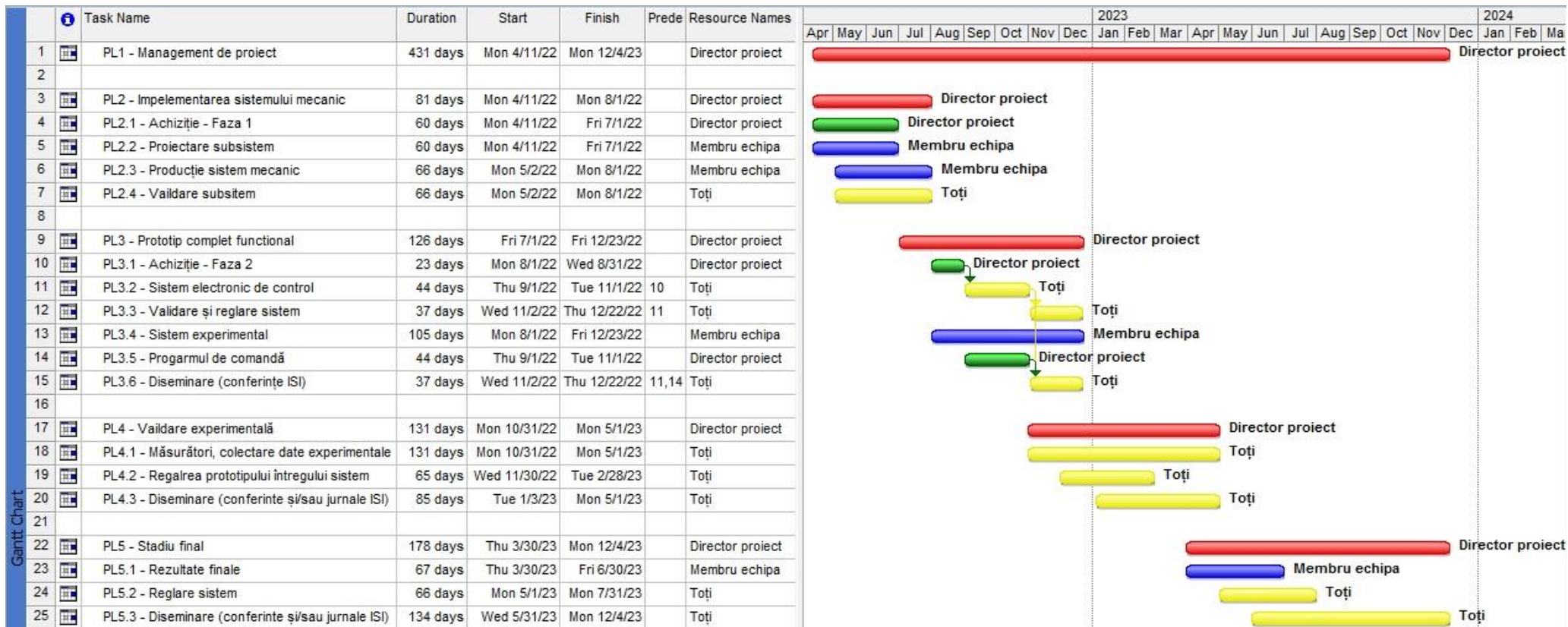


Fig. 8. Diagrama Gantt pentru implementarea proiectului.



## 6. Articole estimate a fi elaborate cu indicarea factorului de impact minim al revistei unde vor fi publicate

Conferințele și jurnale Web of Science vizate:

*Din străinătate:*

- EEEIC (<https://www.eeeic.net>)
- TSP (<https://tsp.vutbr.cz>)
- AE (<http://appel.zcu.cz>)
- MENDEL (<http://www.mendel-conference.org>)
- FedCSIS (<https://fedcsis.org>)
- TELFOR (<http://www.telfor.rs>)
- IDAACS (<http://www.idaacs.net>)
- WorldS4 (<http://www.worlds4.co.uk>)
- SpliTech (<https://splitech.org>)
- FTC (<https://saiconference.com/FTC>)
- Computing (<https://saiconference.com/Computing>)
- IntelliSys (<https://saiconference.com/IntelliSys>)
- FICC (<https://saiconference.com/FICC>)

*Din țară:*

- DAS (<http://www.dasconference.ro>)
- SIITME (<http://siitme.ro>)
- ISETC (<http://conference.etc.uptro>)

*Jurnale internaționale:*

- IEEE Trans. on Industrial Electronics (FI = 8.236)
- IEEE Trans. on Power Electronics (FI = 6.153)
- IEEE Trans. on Sustainable Energy (FI = 7.917)
- IEEE Trans. on Energy Conversion (FI = 4.312)
- IET Renewable Power Generation (FI = 3.93)
- Applied Sciences (FI = 2.679)

## 7. Bibliografie

### Jurnale ISI

- [1] Taehoon Lim, Pyo Kwak, Kwangsun Song, et al., Automated dual-axis planar solar tracker with controllable vertical displacement for concentrating solar microcell arrays, *Progress On Photovoltaics*, vol. 25 (1), ianuarie 2017, pp. 123-131.
- [2] Fathabadi Hassan, Comparative study between two novel sensorless and sensor based dual-axis solar trackers, *Solar Energy*, vol. 138, noiembrie 2016, pp. 67-76.
- [3] De Macedo M. M.; Saldias C. E. P.; Ando Junior O. H., Mathematical Modeling of a Solar Tracker System Two Axes for Generation Photovoltaics, *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14 (9), septembrie 2016, pp. 4054-4062.
- [4] Fathabadi Hassan, Novel high efficient offline sensorless dual-axis solar tracker for using in photovoltaic systems and solar concentrators, *Renewable Energy*, vol. 95, septembrie 2016, pp. 485-494.

- [5] Adapa Bharath; Pawar M. R.; Alapati Suryasivaprakash, Spacing Optimization Study of Single-axis Polar Mounted Solar-thermal Passive Tracker based Solar Photovoltaic Plant, *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 6 (4), 2016, pp. 1491-1495.
- [6] Eke Rustu, Senturk Ali, Performance comparison of a double-axis sun tracking versus fixed PV system, *Solar Energy*, vol 86 (9), septembrie 2012, pp. 2665-2672.
- [7] Lee Chia-Yen, Chou Po-Cheng, Chiang Che-Ming, Lin Chiu-Feng, Sun Tracking Systems: A Review, *Sensors*, vol 9 (5), 2009, pp. 3875-3890.
- [8] Mousazadeha Hossein, Keyhanian Alireza, et al., A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13 (8), octombrie 2009, pp. 1800-1818.

### Conferințe ISI

- [9] Jovanovic Vukica M., Ayala Orlando, Seek Michael; et al., Single Axis Solar Tracker Actuator Location Analysis, SoutheastCon 2016, Norfolk, VA, 30 martie-3 aprilie, 2016.
- [10] Agee John T., Davidson Innocent E, Kombani, Lecha T. Intelligent Proportional Integral Control of a Polar Axis Solar Tracker, PSC 2016 – Clemson-University Power Systems Conference, Clemson, SC, 8-11 martie, 2016.

### Articole BDI

- [11] Kaur Tarlochan et al., Arduino based low cost active dual axis solar tracker, ICPEICES 2016 – 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems, 2016, pp. 1-5.
- [12] Gangwar Saumya; Madnawat Ankit; Bhulania Paurush, Prototype of household inverter using dual-axis solar tracker to overcome shortage of energy, InCITe 2016 – International Conference on Information Technology, 2016, pp. 160-165.

### Brevete de invenție

- [13] Gontean A., Cernaianu M., Hybrid thermal-electric solar system has domestic hot water and heat using thermal-electric modules, RO129477-A0, Univ Politehnica Timisoara, DIIDW 2014L22578.

### Alte resurse

- [14] [https://ubs\\_csse.gitlab.io/secu\\_os/tutorials/arduivium.html](https://ubs_csse.gitlab.io/secu_os/tutorials/arduivium.html), accesat ultima dată în 11.02.2022.
- [15] <https://www.manualsdir.com/manuals/738250/kipzonen-shp1-pyrheliometer.html>, accesat ultima dată în 11.02.2022.

## 8. Suma solicitată (nu se vor specifica tipurile de cheltuieli)

Suma solicitată pentru cele **20 de luni** de activitate este de **60 000 lei**.

## **B.2. Titlu și rezumat în limba engleză (max. 10 rânduri)**

### *Precise Positioning Device for Energy Harvesting Equipment Using Artificial Intelligence with Genetic Algorithms*

Today's green energy generation includes smart alternatives for renewable energy [1]. Using a device that rotates the solar panel towards the sun, can increase its efficiency by up to 30% compared to the static version [11], [12]. The objective of the proposal is a robotic device for determining the position of the solar panels (Fig. 1). The main goal **is to make a functional robotic prototype**, which can track the sun, control and rotate a solar panel farm, to increase their efficiency. The robot will be adaptable to the needs of the local community, integrating itself in the **Smart City** domain. The sun tracker robot will be using artificial intelligence with genetic algorithms, which will evolve, the more it's used, the more precise it will become.