



ФОТОЭЛЕКТРИК БАТАРЕЯЛАРНИ ҲАВО ВА СУВ ЁРДАМИДА СОВУТИШДА ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ ТАҲЛИЛЛАРИ

Ш.Н. Абилфайзиев, С.Ф. Тошпўлатов, Р.Н. Абилфайзиев

Термиз давлат университети
тел.: +99890 747-83-38; e-mail: abilfayziyev@inbox.ru

Аннотация: Ушбу тадқиқотда фотоэлектрик батареяларни (ФЭБ) бир вақтнинг ўзида табиий шароитда икки хил усулда совутилганда уларнинг энергия самарадорликлари бир бирига тақослаш натижалари келтирилган. Ўтказилган тажриба синов натижалари иссиқ иқлим шароитида сув ёрдамида совутилган ФЭБ ни электр кўрсаткичлари, ҳаво ёрдамида совутилган ФЭБ га қараганда 1,4 марта юқори эканлиги кузатилди.

Калим сўзлар: фотоэлектрик батарея, совутиш усуллари, коллектор, поликарбонат, электр қуввати, ҳарорат.

Annotation: This paper presents the results of comparing the energy efficiency of photovoltaic arrays (PV) with simultaneous cooling in two different ways in natural conditions. The results of experimental tests showed that the electrical characteristics of PVs with water cooling in hot climates are 1.4 times higher than those of PVs with air cooling.

Keywords: photoelectric battery, cooling methods, collector, polycarbonate, electric power, temperature.

Кириш.

Куёш энергиясидан максимал фойдаланиш энергия ишлаб чиқариш муаммосига чек қўядиган қайта тикланувчи энергиянинг муҳим манбаларидан биридир. Ерга етиб келадиган куёш энергиясининг миқдори тахминан 85ПВт ни ташкил қилади. Бу жаҳондаги қувват (15ТВт) сарфидан 500 баравар кўп дегани [1]. Бундан ташқари бу экологик тоза энергия манбаи ҳисобланади. Халқаро энергия агентлиги маълумотида кўра куёш энергиясининг умумий улуши 2017 йилда тахминан 2,1% дан 2050 йилга келиб 16% ни ташкил қилиши мумкин [2]. Куёш энергиясини электр энергияга айлантириб берувчи ФЭБ лардан фойдаланиш йил сайин ортиб бормоқда. Бироқ, ФЭБ ларнинг асосий камчилиги куёш энергиясини электр энергиясига конвертация қилиш самарадорлиги паслиги бўлиб, тахминан 11% дан 18% гача [3]. ФЭБ юзасига тушаётган куёш нурунинг кичик бир қисми ютилиб электр энергиясига айланади. Қолган конвертация қилинмаган қисми ФЭБ дан фойдаланиш жараёнида ҳароратни кўтариб, ФЭБ нинг самарадорлигини яна ҳам пасайтиради. Бу жараён нурланишнинг куёш элементлари томонидан ютилмайдиган ва иссиқликка айланадиган қисми билан боғлиқ. ФЭБ нинг самарадорлигини ошириш учун унинг ишлаш жараёнида ҳароратини пасайтириш зарурати туғулади [4]. Шу сабабли фотоиссиқлик батареяси (ФИБ) ғояси вужудга келди. ФЭБ ҳароратини пасайтириш учун иссиқлик коллекторлари орқали суюқликлар ёки ҳаво оқими ўтказилади. ФЭБ нинг иссиқлик коллектори билан бирлаштирилган тизими ФИБ деб аталади. Сўнгги йилларда тадқиқотчилар томонидан турли хил ФИБ моделлари ишлаб чиқилиб, ФЭБ лар билан энергия самарадорлиги тақосланмоқда [5].

Ўзбекистонда ушбу йўналиш бўйича илк тадқиқотларни ЎзФА Физика-техника институти ходимлари олиб боришган. Тажрибаларда ёруғликни ютиш коэффициенти катта бўлган ФЭБ га иссиқлик коллектори бириктириб ФЭБ самарадорлиги оширилган [6]. Дунё миқёсида ФИБ қурилмалари бўйича илмий изланишлар кўпинча иссиқ иқлим минтақаларидаги олимлар томонидан ўтказилмоқда. Хусусан, Ҳ.А. Насеф ва бошқаларнинг мақоласида эса концентрланган фотоэлектрик куёш тизими иссиқлигини тартибга солиш учун пассив ва фаол совутиш тизимларининг интеграцияси ишлаб чиқилган ва моделлаштирилган [7]. Л. К. Алексис ва бошқаларнинг тадқиқот ишида табиий иқлим шароитида ФЭБ ва ФИБ ларнинг энергия ишлаб чиқариши бир-бирига солиштирилган. ФИБ



анъанавийси билан таққосланганда энергияси 12,3% га ортиқ бўлган. Бунда ФИБ нинг коллектор қисми мис трубка бўлиб, совутишда сувдан фойдаланилган [8]. О.Ф. Тукфатуллиннинг тадқиқот ишида ФЭБ ни сув орқали совутиш ҳароратида унинг салт юриш кучланиши сезиларли ўсиши ўрганилган. Синов атроф-муҳит ҳарорати 35°C, нурланиш интенсивлиги 820 Вт/м² ва сув сарфи бкг/соат бўлган ҳолат учун текширилган [9]. С.А.Зубер ва ҳаммуаллифлари ёзган шарҳида ФЭБ нинг иш ҳароратини пасайтиришнинг турли хил совутиш техникалари ёритилган. ФЭБ ни ҳаво каналлари орқали, сувли каналлар орқали ва сув пуркагичли совутиш техникаси орқали совутишнинг афзалликлари ва камчиликлари ўрганилган [10]. И.А Юлдошовни тадқиқотида ФЭБ нинг анъанавий дизайнидан фарқли ўлароқ, совутиш мақсадида ФЭБ нинг орқа томонига кулерлар ўрнатилган [11]. Ушбу тадқиқотда иссиқ иқлим шароитида (30°C дан юқори) ФЭБ самарадорлигини термоэлементлар ёрдамида ошириш имкониятлари ўрганилган [12].

Сўнгги йиллар давомида ФЭБ лар иссиқ иқлим шароитида ишлаганда самарадорлиги пасайишини олдини олиш учун уларнинг орқа томонига ИК ўрнатиш технологияси ишлаб чиқилди. Юқорида келтирилган тажрибаларда ФЭБ ларни ҳаво, сув ёки бошқа совутиш воситалари ёрдамида алоҳида – алоҳида ва турли вақтларда фойдаланилган. Лекин, бир вақтнинг ўзида табиий шароитда ҳаво ва сув ёрдамида совутиш усулларида фойдаланилганда ФЭБ нинг самарадорлиги қайси усулда юқори эканлиги келтирилмаган.

Ушбу мақолада иссиқ иқлим шароитида температура таъсирига сизгир бўлган ФЭБ ни бир вақтнинг ўзида ҳаво ва сув орқали совутиш усуллари қўлланган ва олинган натижалар баён қилинган.

Материаллар ва усуллар.

Ушбу тадқиқот учун иккита бир хил ФЭБ танланган бўлиб, ҳар бир ФЭБ да қуёш элементлари (КЭ) сони 36 та, уларнинг электр параметрларини стандарт синов (STC, AM1.5 T=25°C E=1000W/m²) шароитида қуввати 50Вт дан. ФЭБ ларни бир вақтнинг ўзида табиий шароитда сув ва ҳаво ёрдамида совутилган. Бунинг учун нурланиш интенсивлиги кам бўлган совуқ иқлим минтақаларига мўлжалланган орқа томон қопламаси қора рангли иккита ФЭБ танланган. Бундай ФЭБ танлашдан мақсад улар температура таъсирига сезгир бўлиб, турли усуллар билан совутганда энергия ўзгаришларининг самарадорлиги яққол билинади. Биринчи ФЭБ ни совутиш мақсадида орқа томони кулерлар билан бирлаштирилган махсус қопқоқ ёрдамида ёпилган бўлиб, бунда ФЭБ ҳаво ёрдамида совутилади. Иккинчи ФЭБ ни совутувчи модда сифатида сувдан фойдаланилиб, иссиқлик коллектори (ИК) орқали ўтказилди. ИК билан бирлаштирилган ФЭБ ни ФИБ дейилади. ФИБ одатда ФЭБ ни совутиш орқали электр энергияни ошириш ва иссиқлик энергияси олиш учун ишлаб чиқилади. 1-расимда ФЭБ ларнинг ишчи ҳолатдаги кўриниши тасвирланган.



1-расм. ФЭБ ва ФИБ ни ҳаво ва сув орқали совутиш жараёни.

ФЭБ ни совутишда параллел каналли поликарбонат ИК дан фойдаланилган [13].

Поликарбонат – иссиқликка чидамли полимер материал бўлиб, иссиқлик коллектори сифатида унинг тўғри тўртбурчак шаклидаги каналларидан совуқ сув ўтказилади. Поликарбонат шакли, ўлчамлари ва ясси сирти ФЭБ билан яхши иссиқлик алмашинувини



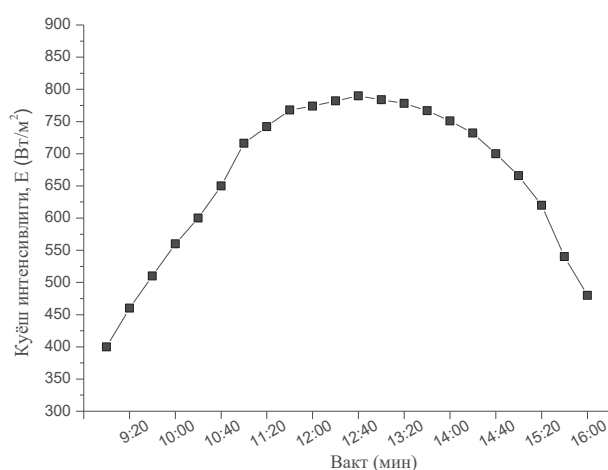


таъминлайди. ФИБ да иссиқлик фақат сувга берилиши учун иссиқлик коллектори орқасидан пенопласт ва фольгоизол орқа қопқоқ билан зич ёпилган.

Натижалар ва мунозаралар.

ФЭБ ларнинг электр параметрлари 2022 йил 17-август куни Тошкент шароитида (Физика-техника институти гелиополигониди) ҳаво ҳарорати 38°C, нисбий намлик 19% ва шамолнинг тезлиги 15км/ҳ бўлган шароитда ўтказилди. Бунда қурилмадаги ФЭБ ва ФИБ нинг ҳолатини ўзгартирмасдан “тармоқ” станциялар каби, жанубга қаратилган ҳолда қуёшнинг қиём вақтидаги қуёш нурланиши тик тушадиган қилиб ўрнатилди.

Тадқиқот кундузи 9:00 дан 16:00 гача вақт оралиғида олиб борилди. Ушбу санада ФЭБ ва ФИБ юзасига тушаётган қуёш нурланиш интенсивлиги кун вақтларига боғлиқлиги 2-расмда кўрсатилган.

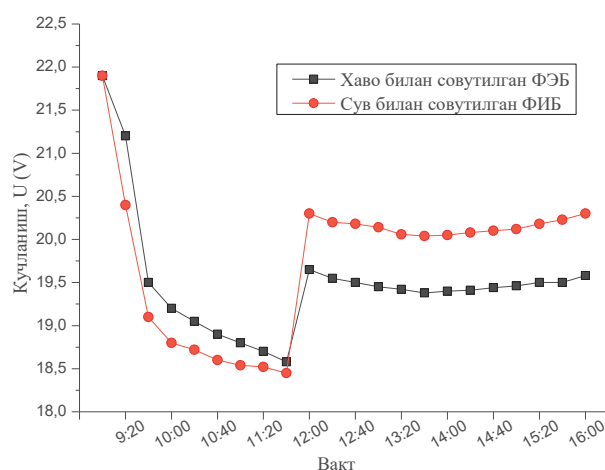


2-расм. ФЭБ ва ФИБ ларини зенитга йўналтириш режимида қуёш нурланиш интенсивлигининг вақтга боғлиқлиги.

Қуёш нурланишининг интенсивлиги кристалли кремний асосида тайёрланган эталон ҚЭ қисқа туташув токини ўлчаш йўли билан аниқланган.

Ёруғлик нурланиш интенсивлиги қуёш чиқишидан бошлаб кун қиём нуқтасига етгунча ортиб боради ва максимал қийматга эришгач, то қуёш ботгунича камайиб боради. Ёруғлик нурланиш интенсивлиги камайишига атмосферадаги чанг ва булутлар ҳам сабаб бўлади. Бу эса ФЭБ ларнинг электр параметрларига таъсир кўрсатади.

Синов вақтида қуёш нурланиши интенсивлиги, салт юриш кучланиши, қисқа туташув токи ва электр қувватининг вақтга боғлиқлиги ўрганилди. 3-расмда салт юриш кучланишининг вақтга боғлиқлиги тасвирланган.



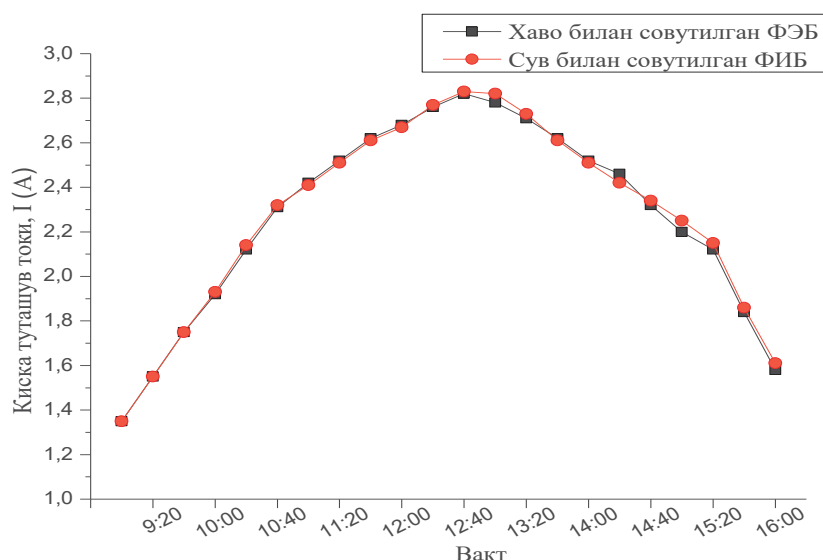
3-расм. ФЭБ ва ФИБ ларни салт юриш кучланишларининг вақтга боғлиқлиги.





Кўриб турганингиздек 9⁰⁰ дан 11⁴⁰ гача бўлган вақт давомида ФЭБ лар салт юриш кучланишининг қийматлари – кулерли ФЭБ ~3,2В, сувга асосланган ФИБ ~3,5В га пасайган. Бу ўзгариш кристалли кремнийдан тайёрланган ҚЭ нинг қизиқ кетиши билан боғлиқ бўлиб, бу ўзгаришлар фарқи катта қувватли ФЭБ лар учун яна ҳам юқори кўрсаткичда бўлиши тадқиқотлардан маълум [14]. Ушбу режимда сувга асосланган ФИБ сининг салт юриш кучланиши кулерли ФЭБ га қараганда кўрсаткичлари тез камайишини кўриш мумкин. Бунинг сабаби сувга асосланган ФИБ ларнинг орқа сиртига коллектор ўрнатилганлиги сабабли тўпланган иссиқликни тўғридан тўғри ташқи муҳитга конвектив иссиқлик алмашиш жараёни орқали узатиш имконияти йўқлиги билан изохлаш мумкин. Бу ҳол ФЭБ ларини совутиш жараёни бошланадиган вақтгача давом этишини кўрамиз.

Соат 12⁰⁰ да ФЭБ ларни совутиш жараёни бошланди. Биринчи ФЭБ нинг кулерларига электр қуввати юборилиб ишлатилди. Куллерларга берилган электр қувватини қўшимча 20Вт ли ФЭБ дан олинди. Иккинчи сувга асосланган ФИБ си ИК дан ҳарорати 28-30⁰ С ли сув ўтказилиб совутилди. ФЭБ ларнинг орқа юзаси ҳароратининг пасайиши натижасида салт юриш кучланиши, кулерли ФЭБ да ~ 1,2В, сувга асосланган ФИБ учун ~2В га ошганини юқоридаги графикдан кўришимиз мумкин. Бу эса ФЭБ ва ФИБ ларидаги электр қувватининг мос равишда ошишига олиб келади. ФЭБ ларнинг қуввати кучланиш билан бир вақтда қисқа туташув токига ҳам боғлиқ бўлиб 4-расмда қисқа туташув токининг вақтга боғлиқлигини кўрсатади.



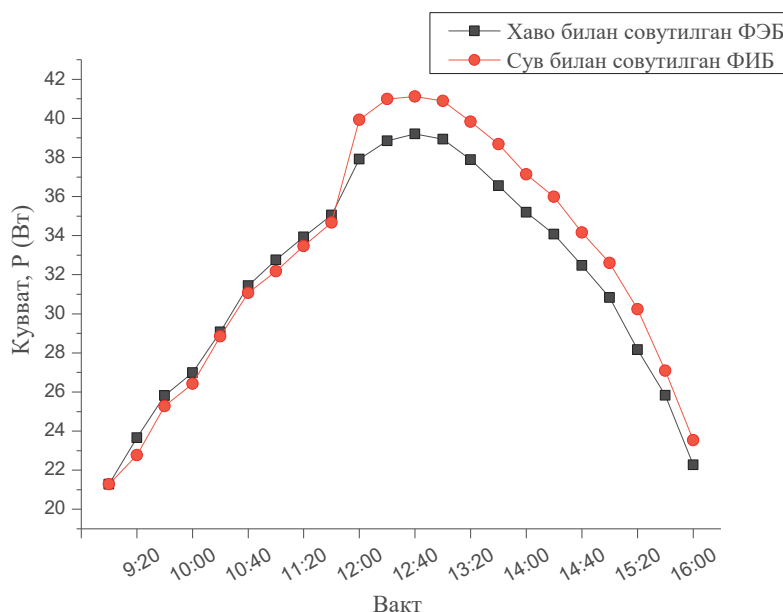
4-расм. ФЭБ ва ФИБ ларни қисқа туташув токининг вақтга боғлиқлиги.

ФЭБ ва ФИБ лари қувватининг вақтга боғлиқлиги салт юриш кучланиши ва қисқа туташув токини ҳисобга олган ҳолда, қуйида келтирилган (1) ифода орқали аниқланади.

$$P = FF \cdot I_{кт} \cdot U_{сyo} \quad (1)$$

бу ерда $I_{кт}$ –ФЭБ қисқа туташув токи (А), $U_{сyo}$ –ФЭБ салт юриш кучланиши (В), FF –ФЭБ вольт-ампер характеристикаси (ВАХ) нинг тўлдириш коэффициенти. ФЭБ ларда ВАХ нинг тўлдириш коэффициенти 0,71-0,72 ни ташкил қилади. 5-расмда юқоридаги маълумотлардан фойдаланган ҳолда, ФЭБ ва ФИБ ларини электр қувватларининг кундузги вақтга боғлиқлиги кўрсатилган.





5-расм. Қувватнинг вақтга боғланиш графиги.

Графикдан кўриниб турибдики, ҳаво ёрдамида совутилган куллерли ФЭБ нинг максимал қувватининг қиймати $\sim 38,5\text{Вт}$, сувга асосланган ФИБ ники эса $\sim 42\text{Вт}$ ни ташкил этмоқда. Бундан ташқари, ФИБ қўшимча равишда ҳарорати 63°C ли иссиқ сув ҳам олинди. ФЭБ дан олинган иссиқлик энергияси керакли эҳтиёжлар учун ишлатилиши мумкин. Агар иссиқ сувга зарурат бўлмаса, ИК ларидан ўтаётган сувнинг тезлигини оширилса, ФИБ ларнинг орқа қисмида тўпланадиган иссиқликни олиб кетиш жараёни тезлашади. Бунинг натижасида, ФИБ сининг ҳарорати тезроқ пасайиб, салт юриш кучланишини яна ҳам ошириш мумкин. Бу эса ФЭБ лар исиши натижасида юқотиладиган қувватни тиклаш имконияти ортади.

Хулоса.

ФЭБ ларни кулларлар орқали ҳаво ёрдамида совутиш учун қўшимча электр энергия сарфланиши лозим бўлади. Бу эса фотоэлектрик батарея ишлаб чиқадиган электр энергиянинг бир қисми йўқотилади деган гап. Қўшимча энергия сарфламасдан конвекцион усулда совутганда ҳам барибир сув ёрдамида совутиш усули каби энергия самарадорлигини ошира олмайди. ФЭБ ни ҳаво ёрдамида совутганда кулларларларга сарфланган электр энергиясини айириб ташланган ҳолда ФИБ самарадорлиги билан таққосланди. Натижада, иссиқ иқлим шароитида сув ёрдамида совутилган ФЭБ ни электр кўрсаткичлари, ҳаво ёрдамида совутилган ФЭБ га қараганда 1,4 марта юқори эканлиги кузатилди. ФИБ асосидаги қишлоқ аҳолиси учун автоном электр станциясини яратиш ва ундан фойдаланиш, марказлаштирилган электр энергия таъминоти ва иссиқ сув етишмовчилиги бўлган ҳудудлар учун самаралидир.

АДАБИЁТЛАР

1. Khamooshi, M., Salati, H., Egelioglu, F., Hooshyar Faghiri, A., Tarabishi, J., & Babadi, S. (2014). *A Review of Solar Photovoltaic Concentrators. International Journal of Photoenergy*, 2014, 1–17. doi:10.1155/2014/958521
2. César Kapseu, Noel Djongyang et al, *énergies renouvelables en Afrique subsaharienne*, 2013 ; P233-236.
3. Chow T.T., HE W., JI J. Performance evaluation of photovoltaic thermosiphon system for subtropical climate application. *Solar Energy* 2007; 81:123-130
4. Haitham M, Bahaidarah , Experimental Evaluation of the Performance of a Photovoltaic Panel with Water Cooling. *Energy* 59 (2013) 445-453.



5. He, W., Zhou, J., Chen, C., & Ji, J. (2014). *Experimental study and performance analysis of a thermoelectric cooling and heating system driven by a photovoltaic/thermal system in summer and winter operation modes*. *Energy Conversion and Management*, 84, 41–49. doi:10.1016/j.enconman.2014.04.019
6. М.Н. Турсунов, В.Г. Дыскин, Х. Сабилов, Б.М. Турдиев, “Повышение эффективности работы фототеплопреобразовательной установки”, Гелиотехника, Vol. 4, pp. 84-86, 2014.
7. H. A. Nasef, S. A. Nada, H. Hassan, “Integrative passive and active cooling system using PCM and nanofluid for thermal regulation of concentrated photovoltaic solar cells”, *Energy Conversion and Management*, Vol. 199, pp. 1-15, 2019, doi:10.1016/j.enconman.2019.112065
8. L. K. Alexis, Tangka Julius Kewir, Djousse Kanouo Boris Merlain, Sogang Segning Harry Bertholt. “Experimental study on the electrical and thermal characteristics of a hybrid photovoltaic/thermal water solar collector model using photovoltaic solar modules of different brands”, *Energy Conversion and Management*, Vol. 14, May 2022, 100198. doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100198
9. О.Ф.Тукфатуллин “Разработка конструкции и технологии производства комбинированной фототеплопреобразовательной установки для работы в условиях жаркого климата”. *Кандидатская диссертация*, 2019, с. 109-115.
10. S. A. Zubeer, H. A. Mohammed, M. Ilkan, “A review of photovoltaic cells cooling techniques”, *E3S Web of Conferences*, Vol.22, pp. 1-11, 2017, doi:10.1051/e3sconf/20172200205
11. И.А. Юлдошев Комбинированные энергоустановки на основе фотоэлектрических батарей из кристаллического кремния. *Докторская диссертация*, 2016, с. 140-148.
12. Р.А. Муминов, М.Н. Турсунов, Х. Сабилов, Б.А. Юлдошов, Ш.Н. Абилфайзиев “Фотоэлектрик батареяни термоэлемент ёрдамида совутиш” Узб. Патент, № SAP 02099, 14 апрель, 2021.
13. Р.А. Муминов, М.Н. Турсунов, Х. Сабилов, Б.А. Юлдошов, Ш.Н. Абилфайзиев “Поликарбонат коллекторли фототиссиқлик батареяси” Узб. Патент, № FAP 01886, 24 март, 2022.
14. Р.А. Муминов, М.Н. Турсунов, Х. Сабилов, У.Б. Абдиев, Б.А. Юлдошов, Ш.Н. Абилфайзиев. Исследование влияния температуры на параметры фототепловых батарей в южных регионах республики, *Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология»* 2021, № 7-9. ст. 40-47. doi.org/10.15518/isjaee.2021.09.040-047

