KALAM International Research Journal
Faculty of Arts and Culture
South Eastern University of Sri Lanka
19(1), 2026

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்திநிலையில் 4C திறன்களின் தாக்கம்

[1]Romina, M.A. & [2]Piratheeban, K.
[1]Faculty of Graduate Studies
[2]Department of Education
[1&2]Faculty of Arts, University of Jaffna, Sri Lanka

Correspondence: [1]romiantony17@gmail.com & [2]kpiratheeban@univ.jfn.ac.lk

ஆய்வுச்சுருக்கம்

4C திறன்கள் மற்றும் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு என்பன 21ம் நூற்றாண்டில் கற்போரிடம் எதிர்பார்க்கப்படும் முக்கியகூறுகளாகும். ஆய்வானது கனிஸ்ட இடைநிலைப் பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் 4C திறன்களின் தாக்கத்தினை ஆராய்வதற்காக, அளவறி அணுகுமுறையிலமைந்த குறுக்குவெட்டு ஆய்வாக மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. மடுக் கல்விக் கோட்டப் பாடசாலைகளுள் ஒன்பது பாடசாலைகள் அவற்றின் வகை அடிப்படையில் படைகளாக்கப்பட்டு தெரிவு செய்யப்பட்டதுடன் அவற்றில் கனிஸ்ட இடைநிலைப் பிரிவில் கற்கும் 1084 மாணவர்களுள் 287 மாணவர்கள் பாலினை அடிப்படையாகக் கொண்ட விகிதாசார அடிப்படையிலான படைகொண்ட எழுமாற்று மாதிரியெடுப்பினூடாகத் தெரிவு செய்யப்பட்டு அவர்களிடமிருந்து வினாக்கொத்து மூலம் தரவு சேகரிக்கப்பட்டது. வினாக்கொத்தின் நம்பகமானது Cronbach's Alpha மூலமும் (α =.745) தகுதியானது Pearson இன் உருப்படி - மொத்த இணைபு முறை மூலமும் தீர்மானிக்கப்பட்டது. தரவுகள் விபரணம் மற்றும் அனுமானப் புள்ளிவிபரவியல் நுட்பங்களைப் பயன்படுத்திப் பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டன. கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களிடையே விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்திநிலை உயர்வாகக் காணப்படுவதுடன் (M = 3.67, SD = .47) அதன் விருத்திநிலையில் பால்நிலை (U = 5453, Z= 7.048, p= .001) மற்றும் கற்கும் தரம் (H = 41.081, p=.001) போன்ற காரணிகள் பொருண்மையான வகையில் செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றமையும் அவதானிக்கப்பட்டுள்ளது. அத்துடன் அம்மாணவர்களிடையே 4C திறன்களின் விருத்திநிலை உயர்வாகக் காணப்படுவதுடன் (M = 3.62, SD = .50) அவற்றின் விருத்திநிலையில் அவர்களின் பால்நிலை (U = 2135, Z=10.235, p=.001) மற்றும் கற்கும் தரம் (H = 13.565, p= .001) போன்றவை பொருண்மையான வகையில் செல்வாக்குச் செலுத்துவதும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. விளைவாக, விஞ்ஞான மனப்பாங்குகளின் விருத்திநிலையில் அவர்களின் 4C திறன்விருத்திநிலையானது பொருண்மையான நேரான 64% செல்வாக்கினைக் கொண்டிருப்பதும் ($F(1,95)$ = 507.26, β = .800, R^2 = .640) இவ்ஆய்வின் மூலம் வெளிப்படுத்தப்படுகின்றது.

முதன்மைப் பதங்கள்: 4C திறன்கள், விஞ்ஞான மனப்பாங்கு, விஞ்ஞான கல்வி, கற்றல் அடைவு, விஞ்ஞான செயன்முறை

ஆய்வுப்பின்னணி

உலகளவில், 21 ஆம் நூற்றாண்டின் திறன்களினை மாணவர்கள் மத்தியில் வளர்ப்பதன் முக்கியத்துவத்தை கல்வி அமைப்புகள் அங்கீகரிக்கின்றன. 21ம் நூற்றாண்டில் நிலவும் சவால் நிறைந்த சூழலை எதிர்கொள்ள திறன்கள் அடிப்படையிலான சிந்தனை, வேலை மற்றும் வேலைஉலகிற்கு பொருத்தமான உபகரணங்கள் என்பவற்றை கையாள பழகவேண்டிய தேவைப்பாடு காணப்படுகின்றது (Cahyana et al., 2020). 21ம் நூற்றாண்டில் கல்வி என்பது இலகுவானதொன்றாக கருதப்படமுடியாதது. ஏனெனில் இங்கு வழங்கப்படும் கல்வியானது தரமானதாகவும் திறனடிப்படையிலும் வழங்கப்பட வேண்டும் (Partono et al., 2021). ஆகவே

அதிகளவான சர்வதேச மற்றம் தேசிய கல்வி நிறுவனங்கள் 21ம் நூற்றாண்டில் தங்களுடைய கலைத்திட்டங்களில் திறனடிப்படையிலான கல்விக்கு முக்கியத்துவம் கொடுக்கின்றன. (Vincent-Lancrin et al., 2019).

தற்கால கல்வியானது தனியே தனியாள் பண்புகள் மற்றும் எழுத்தறிவை வளர்ப்பதில் மட்டும் கவனம் செலுத்தாமல் 21ம் நூற்றாண்டு திறன்களில் மிக முக்கிய திறன்களாக கருதப்படும் 4C திறன்களை வளர்பதிலும் கவனம் செலுத்த வேண்டும் (Pertiwi & Rizal, 2020). 4C திறன்களாக விமர்சன சிந்தனை (Critical thinking), படைப்பாற்றல் (Creativity), ஒத்துழைப்பு (Collaboration) மற்றும் தொடர்பாடல் (Communication) என்பன இனங்காணப்படுகின்wd (Wijaya , 2020). 4C திறன்களின் பயன்பாடானது சமூகத்துடன் இணைந்து வாழ்வதற்கு மாணவர்களுக்கு இன்றியமையாததாகும் (Fitriani, Gunawan, & Sutrio, 2017).

21ம் நூற்றாண்டுக்கல்வியில் விஞ்ஞான கல்வியென்பது மிகவும் தேவையானதொன்றாக காணப்படுகின்றது. ஏனெனில் ஒரு நாட்டின் பொருளாதாரத்தின் மூலைக்கல்லாக விளங்குவதுடன் ஒரு அங்கீகரிக்கப்பட்ட நவீனசமூகத்தின் தற்கால மற்றும் எதிர்கால வாழ்க்கைத் தேவையாகவும் கருதப்படுகின்றது (Lucenario, Yangco, Punzalan, & Espinosa, 2016) ஆனால் அபிவிருத்தியடைந்துவரும் நாடுகளில் மாணவர்களிடையே விஞ்ஞான கல்வி பற்றிய மனப்பாங்கானது எதிர்மறையானதாக காணப்படுகின்றமை பொதுவாக அவதானிக்கப்படுகின்றது (Romel C. Robledo, 2019).

விஞ்ஞான மனப்பாங்கு என்பது புதிய ஆதாரங்களுக்கான திறந்த தன்மை, சந்தேகம் மற்றும் பகுப்பாய்வு மற்றும் முடிவுகளை விமர்சித்தல் போன்றவற்றை மேற்கொள்ளும் திறனாகும் (McIntyre, 2019). 4C திறன்களை கல்வி முறைகளில் ஒருங்கிணைப்பது விஞ்ஞான மனப்பாங்கை வளர்பதில் இன்றியமையாததாக தற்காலத்தில் அங்கீகரிக்கப்பட்டுள்ளது. விஞ்ஞான மனப்பாங்கை வளர்பதற்கும் சவால்களை எதிர்கொள்ளவும் இத்திறன்கள் பங்களிப்புச் செய்கின்றன(Pont-Niclòs,Martín-Ezpeleta, & Echegoyen-Sanz, 2023).

World Bank (2018) அறிக்கையில் இலங்கையின் கல்வி இலக்குகள் சிக்கலான சவால்களை எதிர்கொள்ளக்கூடிய உலகளாவிய தகுதிவாய்ந்த குடிமக்களை உருவாக்குவதில் ஆழமாக வேரூன்றியுள்ளன. இருப்பினும், பாரம்பரிய பாடத்திட்டம் மனப்பாடம் கற்றல் மற்றும் பரீட்சை சார்ந்த அணுகுமுறைகளுக்கு முக்கியத்துவம் கொடுப்பதற்காக விமர்சிக்கப்படுகிறது, அவை பெரும்பாலும் விமர்சன சிந்தனை மற்றும் படைப்பாற்றலை வளர்ப்பதில் தோல்வியடைகின்றன. உலகளாவிய தரத்துடன் இணைந்த கல்வி சீர்திருத்தங்களுக்காக பாடுபடும் இலங்கையில், புத்தாக்கம், விஞ்ஞான கல்வியறிவு மற்றும் நிலையான வளர்ச்சியை வளர்ப்பதற்கு பாடத்திட்டத்தில் 4C திறன்களை உட்பொதிப்பது முக்கியமானது.

இலங்கையின் தேசிய கல்வி நிறுவனம் (NIE) மற்றும் கல்வி அமைச்சு ஆகியவை 21 ஆம் நூற்றாண்டின் 4C திறன்களை தேசிய பாடத்திட்டத்தில் உட்பொதிக்கும் சீர்திருத்தங்களை மேற்கொண்டுள்ளன. 2015 ஆம் ஆண்டின் பொதுக் கல்வி சீர்திருத்தங்கள், நவீன தொழிலாளர் கோரிக்கைகளுக்கு மாணவர்களை சிறப்பாக தயார்படுத்துவதற்கு விமர்சன சிந்தனை, படைப்பாற்றல், ஒத்துளைப்புத்திறன்கள் மற்றும் தகவல்தொடர்பு ஆகியவற்றின் முக்கியத்துவத்தை அடிக்கோடிட்டுக் காட்டியது (Wickramasinge,2017) செயல்படுத்தல் மாறுபட்டாலும், இந்த நடவடிக்கை விஞ்ஞான மற்றும் பிற பாடங்களில் ஆழமான ஈடுபாடு மற்றும் நடைமுறை அறிவு பயன்பாட்டை வளர்ப்பதற்காக மனப்பாடம் செய்யும் கற்றலுக்கு அப்பால் நகரும் பரந்த இலக்கை பிரதிபலிக்கிறது (Perera&Gunawardene, 2019)

இலங்கையின் பாடத்திட்டத்தில் விஞ்ஞானம் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க பகுதியாகும், இது நாட்டின் அபிவிருத்தி நோக்கங்களுக்கு ஆதரவளிக்கும் வகையில் STEM கல்வியை மேம்படுத்துவதில் வலுவான முக்கியத்துவத்தை கொண்டுள்ளது. இருப்பினும், பாரம்பரிய கற்பித்தல் முறைகள் பெரும்பாலும் மாணவர்களின் உற்சாகத்தையும் விஞ்ஞானத்துடனான ஈடுபாட்டையும்

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

கட்டுப்படுத்துகின்றன, குறிப்பாக ஆய்வு அல்லது ஆர்வம் உந்துதல் கற்றல் மீது பரீட்சை தயாரிப்பில் கவனம் செலுத்துவதன் காரணமாக (Jayaweera, 2016), திறன் அடிப்படையிலான விஞ்ஞான கல்வியின் தேவை வளர்ந்துள்ளது, இது 4ஊ கள் விஞ்ஞானம் நோக்கிய மாணவர்களின் அணுகுமுறைகளை எவ்வாறு சாதகமாக பாதிக்கும் என்பதை ஆராய கல்வியாளர்களைத் தூண்டுகிறது.

சமீபத்திய ஆண்டுகளில், விஞ்ஞான கல்வியில் 4Cகளை இணைக்க வடிவமைக்கப்பட்ட முயற்சிகளை இலங்கை அதிகரித்துள்ளது. தேசிய விஞ்ஞான அறக்கட்டளை (NSF) போன்ற நிறுவனங்களால் அனுசரணை வழங்கப்பட்ட நிகழ்ச்சிகள் மற்றும் அரச சார்பற்ற நிறுவனங்களுடனான ஒத்துழைப்புக்கள் விஞ்ஞானத்தின் நடைமுறை பயன்பாடுகளை மாணவர்கள் புரிந்துகொள்ள உதவும் வகையில் விசாரணை அடிப்படையிலான கற்றல் மற்றும் கூட்டு திட்டங்களை அறிமுகப்படுத்தியுள்ளன(Fernando&Balasuriya, 2020). இந்த திட்டங்கள் விமர்சன சிந்தனை மற்றும் படைப்பாற்றலை ஊக்குவிப்பதை நோக்கமாகக் கொண்டுள்ளன, கோட்பாட்டு உள்ளடக்கத்திற்கு அப்பால் விஞ்ஞானம் சார் செயற்பாடுகளில் ஈடுபட மாணவர்களை ஊக்குவிக்கின்றன.

இத் திட்டங்களை செயற்படுத்தும் படசத்தில் பல சாத்தியமான நன்மைகள் இருந்தபோதிலும், இலங்கையில் 4C திறன்களை விஞ்ஞானம் சார்பான மனப்பாங்குகளை வளரப்பதற்கு ஒருங்கிணைப்பது எனும் கருத்தானது பல சவால்களை எதிர்கொள்கிறது. ஏனெனில் பல கிராமப்புற பாடசாலைகளில் விஞ்ஞான கல்வியில் 4C திறன் அடிப்படையிலான விஞ்ஞான மனப்பாங்கை வளர்ப்பதற்குத் தேவையான வளங்கள், உட்கட்டமைப்பு மற்றும் பயிற்சி பெற்ற பணியாளர்கள் இல்லை (Karunaratne&Silva, 2021). விமர்சன சிந்தனை, படைப்பாற்றல் மற்றும் ஒத்துழைப்பை வளர்க்கும் அறிவுறுத்தல் முறைகளை மாற்றியமைக்க ஆசிரியர் பயிற்சி அவசியம், ஏனெனில் பல கல்வியாளர்கள் மிகவும் பாரம்பரிய, விரிவுரை அடிப்படையிலான கற்பித்தல் முறைகளுக்கு பழக்0கமாகிவிட்டனர். 4C திறன்களை ஆதரிக்கும் நடவடிக்கைகளுடன் பரீட்சை சார்ந்த எதிர்பார்ப்புகளை சமநிலைப்படுத்துவது பல இலங்கை பாடசாலைகளுக்கு ஒரு முக்கிய சவாலாக உள்ளது (Fernando&Jeyawadene, 2020).

மன்னார், மடுக்கோட்ட பாடசாலைகள் அனைத்துமே கிராமப்புற பாடசாலைகளாகும். பிரதான நகரங்ளிலிருந்து மிகத் தொலையிலுள்ளவைகள். இக் கிராமப்புறப் பாடசாலைகளுக்கான வளங்கள் மற்றும் உட்கட்டமைப்பு வசதிகளுக்கான தட்டுப்பாடு காணப்படுகின்றன. இவை மாணவர்களின் விமர்சன சிந்தனை மற்றும் படைப்பாற்றல் போன்ற திறன்களை மாணவர்கள் வளர்பதில் பல பின்னடைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றது. மற்றும் இப்பாடசாலைகளில் நிலவும் ஆளணிப்பற்றாக்குறை மற்றும் பயிற்சி பெற்ற ஆசிரியர்களின் பற்றாக்குறை, பாரம்பரிய கற்பித்தல் முறைகளின் உச்ச பயன்பாடு போன்ற காரணிகள் மாணவர்களின் 4C திறன்களினை மேம்படுத்துவதில் எதிர் மறையான போக்குகளை ஏற்படுத்துவதுடன் அவை விஞ்ஞான ரீதியான மாணவர்களின் மனப்பாங்கு மாற்றத்திலும் தாக்கம் செலுத்துவது தொடர்பாக ஆராய வேண்டிய தேவை உள்ளது.

ஆய்வுப் பிரச்சினை கூற்று

21 ஆம் நூற்றாண்டின் கற்றலுக்கு மிகவும் அவசியமான 4C திறன்களை வளர்ப்பதற்கு விஞ்ஞானக்கல்வி அவசியம். இந்த திறன்களை விஞ்ஞான பாடத்திட்டத்தில் ஒருங்கிணைப்பது மாணவர்களின் சிக்கல் தீர்க்கும் திறன்கள், தகவமைப்பு மற்றும் குழுவாக செயற்படுதல், புத்தாக்கத் திறன் ஆகியவற்றை மேம்படுத்துவதுடன் தற்கால உலக சவால்களுக்கு அவர்களை தயார்படுத்துகிறது என்று ஆராய்ச்சி சுட்டிக்காட்டுகிறது (Marianti et al., 2024). விஞ்ஞான மனப்பாங்கு என்பது மாணவர்கள் விஞ்ஞான கற்றலின் மீதான உணர்வுகள், நம்பிக்கைகள் மற்றும் நடத்தை போன்றவை அடங்கிய ஒரு பரிமாணமாகும், மேலும் இது STEM துறைகளில் (விஞ்ஞானம், தொழில்நுட்பம், பொறியியல், கணிதம்) அவர்களின் ஈடுபாடு மற்றும் செயல்திறனை முன்னறிவிக்க முக்கியமான காரணியாகிறது. நேர்மறையான விஞ்ஞான மனப்பாங்கு வளர்த்தெடுக்க தேவையானதன் முக்கியத்துவம் இருந்தாலும், பல மாணவர்கள் விஞ்ஞானத்தை கடினமானது, சுவாரஸ்யமற்றது அல்லது பொருத்தமற்றது என உணருகிறார்கள். இந்த வகையான எதிர்மறை

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

எண்ணக்கருவுகள், விஞ்ஞானத்துடன் தொடர்புடைய பாடங்கள் அல்லது தொழில்களில் ஈடுபடுவதற்கான அவர்களின் உந்துதலை தடுக்கக்கூடும். விஞ்ஞான கல்வியறிவு (Science Literacy) மேம்பாட்டை ஊக்குவிக்கும் புதிய கற்பித்தல் உத்திகள் மீது அதிக தன்னமைவை செலுத்தும் நவீன சூழலில், விஞ்ஞான பாடத்திட்டங்களில் 4C திறன்களை (விமர்சன சிந்தனை, ஒத்துழைப்பு, தொடர்பாடல், மற்றும் படைப்பாற்றல்) ஒருங்கிணைப்பதன் மூலம் மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கில் ஏற்படுத்தும் தாக்கத்தை ஆய்வு செய்வது மிக முக்கியமாகும்.

ஆய்வுக் குறிக்கோள்கள்

ஆய்வு நோக்கத்தை அடைவதற்காக கீழ்காணப்படும் ஆய்வுக் குறிக்கோள்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன.

1. கனிஸ்ட இடைநிலை மாணவர்களிடையே 4C திறன்விருத்திநிலையை ஆராய்தல்
2. கனிஸ்ட இடைநிலை மாணவர்களிடையே விஞ்ஞான மனப்பாங்கு எந்தளவிற்கு விருத்தியடைந்துள்ளது என்பதை ஆராய்தல்
3. கனிஸ்ட இடைநிலை மாணவர்களின் 4C திறன்விருத்திநிலை அவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தியில் எந்தளவிற்கு தாக்கம் செலுத்தியுள்ளது என ஆராய்தல்

இலக்கிய மீளாய்வு

வேகமாக மாறிவரும் இவ்வுலகில் தோன்றக் கூடிய மிகச் சிக்கலான பிரச்சினைகளை தீர்த்து வெற்றிபெறுவதற்கு கற்றவர்களிடம் காணப்படும் மிக முக்கிய திறன்களில் ஒன்றாக 4C திறன்கள் இனங்காணப்பட்டுள்ளன (Kelley & Knowles, 2016). 4C திறன்களாக விமர்சன சிந்தனை (Critical thinking), படைப்பாற்றல் (Creativity), ஒத்துழைப்பு (Collaboration) மற்றும் தொடர்பாடல் (Communication) என்பன இனங்காணப்படுகின்றன (Wijaya , 2020).

விமர்சன சிந்தனை (Critical thinking)

விமர்சன சிந்தனை திறன் என்பது "தர்க்கரீதியாகவும், பிரதிபலிப்பு ரீதியாகவும் மற்றும் ஆக்கபூர்வமாகவும் சிந்திக்கும் திறனாகும்" (Sri Nursakinah & Suyanta Suyanta, 2023). விமர்சன சிந்தனை என்பது தகவல்களை புறநிலையாக பகுப்பாய்வு செய்து மதிப்பீடு செய்வதை உள்ளடக்குகிறது. (Supena, 2021) . Ennis (2009) என்பவரின் கருத்துப்படி விமர்சன சிந்தனை என்பது "எதை நம்புவது அல்லது செய்வது என்பதை தீர்மானிப்பதில் கவனம் செலுத்தும் நியாயமான, பிரதிபலிப்பு சிந்தனை" Fasione (1990) என்பவர் விமர்சன சிந்தனை என்பது நோக்கம், சுய ஒழுங்குமுறை தீர்ப்பு, என்பவை விளக்கம், பகுப்பாய்வு, மதிப்பீடு மற்றும் அனுமானம் ஆகியவற்றினால் தோன்றுகின்றது, அத்துடன் அந்த தீர்ப்பு அடிப்படையாகக் கொண்ட சான்று, கருத்தியல், முறையியல், அளவுகோல் அல்லது சூழ்நிலை பரிசீலனைகளின் விளக்கம்" என கூறுகின்றார்.

விமர்சன சிந்தனையுடன் தொடர்புடைய முக்கிய குறிகாட்டிகள்

- விஞ்ஞான நிகழ்வுகளைப் பற்றி தர்க்கரீதியான, ஆதார அடிப்படையிலான மற்றும் திறந்த கேள்விகளைக் கேட்பதன் மூலம் ஆர்வத்தை நிரூபித்தல். (Osborne et al., 2003).
- தரவு, சோதனைகள் மற்றும் விஞ்ஞான தகவல்களின் ஆதாரங்களின் நம்பகத்தன்மை மற்றும் பொருத்தத்தை மதிப்பிடுதல். (Fasione, 1990).
- விஞ்ஞானம் சார் பிரச்சினைகள் அல்லது கேள்விகளுக்கு புதுமையான தீர்வுகளை உருவாக்க விமர்சன சிந்தனையைப் பயன்படுத்துதல். (Halpern, 2014).
- அனுபவ ஆதாரங்களுடன் சந்தேகம் எழுப்புதல் மற்றும் விமர்சன மதிப்பீடு (Mcpeck, 2016).

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

தொடர்பாடல் திறன் (Communication skill)

விஞ்ஞான கருத்துக்களை வெளிப்படுத்துவதற்கும் விஞ்ஞான சொற்பொழிவுகளில் ஈடுபடுவதற்கும் பயனுள்ள தகவல் தொடர்பு அவசியம் (Kousloglou & Tsivitanidou, 2023). P21 (2009) தொடர்பாடல் என்பது "பல்வேறு வடிவங்கள் மற்றும் சூழல்களில் வாய்வழி, எழுதப்பட்ட மற்றும் சொற்களற்ற தகவல்தொடர்பு திறன்களைப் பயன்படுத்தி எண்ணங்களையும் யோசனைகளையும் திறம்பட வெளிப்படுத்தும் திறன்." இந்த வரையறை வெவ்வேறு ஊடகங்கள் மற்றும் பார்வையாளர்களிடையே தகவல் மற்றும் யோசனைகளை தெரிவிப்பதில் தெளிவு மற்றும் தகவமைப்பு ஆகியவற்றின் முக்கியத்துவத்தை வலியுறுத்துகிறது

தொடர்பாடல் திறனுடன் தொடர்புடைய குறிகாட்டிகள்

- விஞ்ஞான எண்ணக்கருக்களை தெளிவாக முன்வைத்தல் (Osborne, 2010).
- விஞ்ஞானம் சார் எண்ணக்கருக்களை முன்வைக்க விஞ்ஞான கலைச்சொற்களைப் பயன்படுத்தல் (Yore et al., 2003).
- கலந்துரையாடல்களின் போது தர்க்க மற்றும் ஆதாரங்களுடன் விவாதித்தல் (Osborne et al., 2004).
- விஞ்ஞான முடிவுகளை கூறுவதற்கு சிறந்த காட்சி சார்ந்த தொழிநுட்பத்தை பயன்படுத்தல் (Tufte, 2006).

படைப்பாற்றல் திறன்

படைப்பாற்றல் என்பது புதிய யோசனைகள் மற்றும் கருதுகோள்களை உருவாக்கும் (Weng&Ching, 2022). Amabile (1996) என்பவரின் கருத்துப்படி மாணவர்களின் படைப்பாற்றல் என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட சூழலில் புதுமையான மற்றும் பயனுள்ள யோசனைகள் அல்லது தீர்வுகளை உருவாக்கும் அவர்களின் திறன் என வரையறுக்கப்படுகிறது. இந்த திறன் மாணவர்கள் புதுமையான முன்னோக்குகளுடன் சிக்கல்களை அணுகவும், கற்றலில் நெகிழ்வுத்தன்மையையும் தகவமைப்புத்தன்மையையும் வளர்க்கவும் உதவுகிறது. படைப்பாற்றலை மாறுபட்ட சிந்தனையின் திறன் என்றும் விவரிக்கலாம்,

இங்கு மாணவர்கள் ஒரு பிரச்சனைக்கு பல சாத்தியமான தீர்வுகளை ஆராய்கின்றனர். இது புதிய அனுபவங்களுக்கான திறந்த தன்மை மற்றும் விஞ்ஞான மற்றும் படைப்பு கற்றலுக்கு அவசியமான வழக்கமான யோசனைகளை சவால் செய்வதற்கான விருப்பத்தை உள்ளடக்கியது (Guilford, 1967) மற்றும் Vigotsky இன் கருத்துப்படி கற்பனை ஆய்வு மற்றும் சுய வெளிப்பாட்டிற்கான திறனாக படைப்பாற்றல்: மற்றொரு வரையறை படைப்பாற்றலை மாணவர்கள் தங்களை வெளிப்படுத்தவும் கற்பனையாக கருத்துகளை ஆராயவும் உதவும் திறன் என்று கருதுகிறது..

படைப்பாற்றல் திறனுக்கான குறிகாட்டிகள்

- விஞ்ஞானம் சார்பான நிகழ்வுகளைப் பற்றி புதுமையான மற்றும் நுண்ணறிவு கேள்விகளைக் கேட்பது (Runco&Jeager, 2012).
- பரிசோதனை செய்வதற்கான விருப்பத்தை வெளிப்படுத்துதல், அறிவார்ந்த அபாயங்களை எடுத்துக்கொள்வது மற்றும் வழக்கத்திற்கு மாறான விஞ்ஞானம் சார் கருத்துக்களை ஆராய்தல். (Sternberg, 2006).
- விஞ்ஞானம் சார்பான பிரச்சினைகளுக்கு பல சாத்தியமான தீர்வுகளை உருவாக்குதல் (Cropley, 1999).
- சிக்கலான விஞ்ஞான செயல்முறைகள் அல்லது நிகழ்வுகளை காட்சிப்படுத்த கற்பனையைப் பயன்படுத்துதல;. (Root-Benestain, 1999).

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

ஒத்துழைப்புத் திறன் (Collaboration Skill)

ஒத்துழைப்பு என்பது குழுக்களில் ஒன்றிணைந்து செயல்படுவதையும் பல்வேறு கருத்துக்களை பகிர்ந்து கொள்வதையும் உள்ளடக்கியது (Supena et al., 2021). ஒத்துழைப்பு என்பது அணிகளில் ஒன்றிணைந்து செயல்படுவதையும் பல்வேறு கண்ணோட்டங்களைப் பகிர்ந்து கொள்வதையும் உள்ளடக்கியது (Jhonson & Jhonson, 2009). ஒத்துழைப்பு என்பது பல்வேறு அணிகளுடன் திறம்பட மற்றும் மரியாதையுடன் பணிபுரியும் திறன், ஒரு பொதுவான இலக்கை அடைய தேவையான சமரசங்களைச் செய்வதில் நெகிழ்வுத்தன்மையைப் பயன்படுத்துதல் மற்றும் உதவியாக இருப்பதற்கான விருப்பம் மற்றும் கூட்டுப் பணிக்கான பகிரப்பட்ட பொறுப்பை ஏற்றுக்கொள்வது. (Partnership for 21st Century Learning., 2009). கூட்டு கற்றல் சூழல்கள் உயர் கல்வி சாதனை மற்றும் விஞ்ஞானம் போன்றவற்றிற்கு மிகவும் நேர்மறையான அணுகுமுறைக்கு வழிவகுக்கும் என்று கண்டறிந்தனர். கூட்டு நடவடிக்கைகள் மாணவர்கள் ஒருவருக்கொருவர் கற்றுக்கொள்வதற்கும் சமூகத்தின் உணர்வை வளர்ப்பதற்கும் வாய்ப்புகளை வழங்குவதன் மூலம் திறந்த மனப்பான்மையையும் விசாரணையில் ஈடுபடுவதற்கான விருப்பத்தையும் ஊக்குவிக்கின்றன.

ஒத்துழைப்புத்திறனின் குறிகாட்டிகள்

- குழு விவாதங்கள் மற்றும் விஞ்ஞான செயற்பாடுகளுக்கு அர்த்தமுள்ள பங்களிப்பை அளித்தல். (Jhonson&Jhonson, 1999).
- விஞ்ஞான குறிக்கோளில் கவனம் செலுத்தும் அதே நேரத்தில் ஆக்கபூர்வமான முறையில் கருத்து வேறுபாடுகளைத் தீர்த்தல் (Deutsch, 2006).
- செயற்பாடுகளின் போது குழு அங்கத்தவர்களுக்குஊக்கம் மற்றும் ஆக்கபூர்வ கருத்துக்களை வழங்கல் (Webb, 2009).
- விஞ்ஞான விவாதங்களின் போது நேர்மறையான எண்ணங்களில் ஒருவரில் ஒருவர் தங்கியிருத்தல் (Jhonson et al., 2008).

விஞ்ஞான மனப்பாங்கு

மாணவர்களில் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு என்பது விஞ்ஞான விசாரணை மற்றும் கற்றலுக்கான கடுமையான மற்றும் திறந்த மனதுடன் அணுகுமுறையை ஊக்குவிக்கும் மனநிலைகள் மற்றும் மதிப்புகளின் தொகுப்பைக் குறிக்கிறது. இந்த அணுகுமுறைகளில் ஆர்வம், சந்தேகம், ஆதார அடிப்படையிலான பகுத்தறிவுக்கான அர்ப்பணிப்பு மற்றும் புறநிலை ஆகியவை அடங்கும். அவை மாணவர்களுக்கு தகவல்களை விமர்சன ரீதியாக மதிப்பிடுவதற்கும், பக்கச்சார்பற்ற அவதானிப்பில் ஈடுபடுவதற்கும், புதிய ஆதாரங்களின் அடிப்படையில் தங்கள் கருத்துக்களை திருத்துவதற்கான திறந்த தன்மையை நிரூபிக்கவும் உதவுகின்றன. பொறுப்பான விசாரணையை ஊக்குவிப்பதற்கும் விஞ்ஞானம் சூழல்களில் பகுப்பாய்வு சிந்தனையை வளர்ப்பதற்கும் விஞ்ஞான அணுகுமுறைகளை வளர்ப்பது அவசியம் (Guld & Hackins, 1990).

மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கின் குறிகாட்டிகள்

- விஞ்ஞான செயன்முறைகளின் போது வினாக்களைக் கேட்கும் எண்ணிக்கை (Harlen, 1996).
- விஞ்ஞான கருத்துகளுக்கு மாற்று கருத்துகளை ஏற்றுக் கொள்வது (Osborne et al., 2003).
- பரிசோதனை முடிவகளை துல்லியமாக குறித்தல் (Ledermen, 1992).
- சிக்கல்களை தீர்ப்பதில் ஆர்வம் மற்றும் கருவிகளை கையாளுவதில் ஈடுபாட்டை காண்பித்தல் (Zimmerman, 2001).
- பரிசோதனைகளை நடத்தல் மற்றும் திட்டங்களை வகுத்தல் போன்ற விஞ்ஞான செயன்முறைகளில் பங்குபற்றல் (Ejiwale, 2013).
- ஊடகங்களில் வெளிவிடப்படும் விஞ்ஞானம்சார் கருத்துக்களை விமர்சன ரீதியாக ஆராய்தல் (Mccomas, 2004).

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

- நிஜ உலக சிக்கல்களை தீர்க்க தம்மிடமுள்ள விஞ்ஞான ஆறிவைப் பயன்படுத்துவர் (Osborne et al., 2003).
- புதிய முன்னுதாரணங்கள் மற்றும் கருதுகோள்களை திறந்த மனப்பான்மையுடன் வெளிப்படுத்தல் (Zimmerman, 2001).
- குழச்செயற்பாடுகளில் கருத்துக்களை ஏனையவர்களுடன் பகிர்தல் மற்றும் ஏனையவர்களின் கருத்துக்களுக்கு மதிப்பளித்தல் (Vigotsky, 1978).
- முடீவிற்கு வருவதற்கு முன் ஆதாரங்களைக் கோருதல் (Macomas, 2004).

ஆய்விற்கு பயன்படுத்தப்பட்ட கோட்பாடுகள்

விஞ்ஞான மனப்பாங்கின் மீது 4C திறன்களின் தாக்கம் என்பதை விபரிப்பதற்காக பல கோட்பாடுகள் முன்னைய ஆய்வுகளில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. *1952* ஆம் ஆண்டு பிஜாஜேயினால் முன்வைக்கப்பட்ட கட்டுருவாக்கக் கோட்பாடு. கற்றல் செயற்பாட்டை ஒரு செயல்முறையாக கற்பதை வலியுறுத்துகிறது, அங்கு கற்பவர்கள் அனுபவம் மற்றும் பிரதிபலிப்பு மூலம் அறிவை உருவாக்குகிறார்கள். விஞ்ஞானக் கற்றலில் 4C திறன்களை ஒருங்கிணைப்பது ஆழமான புரிதலையும் விமர்சன விசாரணையையும் வளர்க்கிறது. Supena et al., (2021) இல் மேற்கொள்ளப்பட்ட "மாணவர்களின் கற்றல் விளைவுகளில் 4C கற்றல் மாதிரியின் செல்வாக்கு." எனும் ஆய்வில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

அவ்வாறே பிஜாஜேயினால் உருவாக்கப்பட்ட கட்டுருவாக்கக் கோட்பாடானது *1978* ஆம் ஆண்டில் விகொட்ஸ்கியினால் விரிவுபடுத்தப்பட்டு சமூகக் கட்ருவாக்கக் கோட்பாடாக மாற்றம் பெற்றது. இக் கோட்பாடானது கற்றலில் கவனித்தல் மற்றும் சமூக தொடர்புகளின் முக்கியத்துவத்தை எடுத்துக்காட்டுகிறது. ஒத்துழைப்பு மற்றும் தொடர்பாடல் திறன்கள், 4C திறன்களுக்கு மையமானது, விஞ்ஞான ஆய்வுக்கு உகந்த குழு அடிப்படையிலான கற்றல் சூழல்களை வளர்க்கிறது. Bedir (2019) இல் மேற்கொண்ட "முன்சேவைப் பயிற்சி ஆசிரியர்களின் மனப்பாங்கில் *21*ம் நூற்றாண்டுத் திறன்களின் தாக்கம்" எனும் ஆய்வினை விபரிப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. மற்றும் Deci & Rayan என்பவர்களால் *1985* இல் முன்வைக்கப்பட்ட சுய நிர்ணயக் கோட்பாடானது அடிப்படை உளவியல் தேவைகளை பூர்த்தி செய்வது - சுயாட்சி, திறன் மற்றும் .தொடர்புடைதல் - உந்துதல் மற்றும் ஈடுபாட்டை வளர்கின்றது.. 4C திறன்களின் ஒத்துழைப்பு மற்றும் தொடர்பாடல் அம்சங்கள் இந்த கொள்கைகளுடன் ஒத்துப்போகின்றன, விஞ்ஞான மனப்பாங்கை வளர்கின்றன "STEM கல்வியில் 4C திறன்களின் செல்வாக்கினை" விபரிப்பதற்கும், David A Kolb என்பவரால் முன்வைக்கப்பட்ட அனுபவக் கற்றல் கோட்பாடானது "கற்பித்தலியலில் 4C திறன்களின் தாக்கம்" என்பதை விபரிப்பதற்கும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன (Meddans et al., 2023; Kivunja, 2015).

இவ்வாறாக பல கோட்பாடுகள் பயன்படுத்தப்பட்டிருப்பினும் இந்த ஆய்வினை விளக்குவதற்காக சமூகக் கட்டுருவாக்க கோட்பாடு மற்றும் அனுபவக் கற்றல் கோட்பாடு ஆகியவை பயன்படுத்தப் படுகின்றது. ஏனெனில் இக் கோட்பாடுகளின் ஊடாக விஞ்ஞான மனப்பாங்கின் மீது 4C திறன்களின் தாக்கம் என்பதை விபரிக்க இலகுவாக இருக்கும்.

ஆய்வு இடைவெளிகள்

Isabel Pont-Nicholos (2024) ஸ்பெயின் நாட்டின் கனிஸ்ட இடைநிலைப் பிரிவு மாணவர்களில் மேற்கொண்ட ஆய்வொன்றில் படைப்பாற்றல் திறன் STEM கல்வியுடன் தொடர்புடைய பிள்ளைகளின் மனப்பாங்கு விருத்தியில் ஏற்படுத்தும் தாக்கம் ஆராயப்பட்டது. ளுவுநுஆ கல்வியில் விஞ்ஞான கல்வியும் உள்ளடக்கப்பட்டிருப்பதால் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு தொடர்பாகவும் ஆராயப்பட்டுள்ளது. அவ்வாறே விஞ்ஞானக் கல்வியில் படைப்பாற்றல் திறனிற்கும் இடையிலான தொடர்பு ஆராயப்பட்டுள்ளது. Tahir et al., (2008) என்பவர்களால் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வொன்றில் படைப்பாற்றலுக்கும் STEM மனப்பாங்கிற்கும் இடையிலான தொடர்வு ஆராயப்பட்டுள்ளது. இவ் ஆய்வுகள் அனைத்திலும் 4C திறன்களின் ஒரு பரிமாணமே சாரா மாறியாகவும் விஞ்ஞான

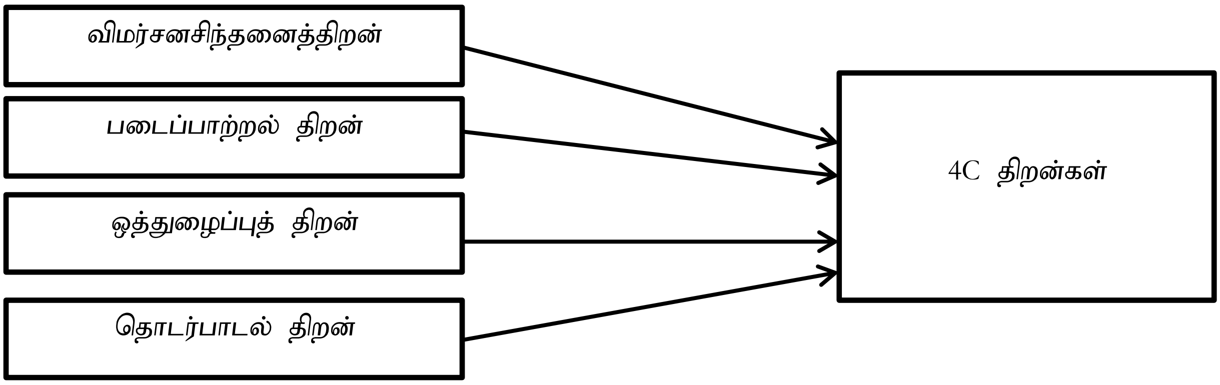
ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

மனப்பாங்கு சார் மாறியாகவும் பயன்யடுத்தப்பட்டுள்ளது. இவை இந்த ஆய்வுடன் ஒத்துபோக கூடிய நிலை காணப்பட்டாலும் ஏனைய மூன்று 4C திறன்களான விமர்சன சிந்தனை திறன், ஒத்துழைப்புத்திறன் மற்றும் தொடர்பாடல் திறன் என்பன தொடர்பாக ஆராயப்படாமை ஒரு ஆய்வு இடைவெளியைக் காட்டுகின்றது மற்றும் இங்கு மேற்கோள் காட்டப்பட்டுள்ள ஆய்வுகளில் நெரும்பாலானவை குறை பரிசோதனை (Quasi experimental) முறை ஆய்வுகளாகவும் மற்றும் இணைபு ஆய்வு வடிவங்களாகவும் மேற்கொள்ளப் பட்டுள்ளன. ஆனால் இந்த ஆய்வு அளவறி முறையில் மேற்கொள்ளப்படுவதால் இது இடைவெளியொன்றை காட்டுகின்றது (Maharani et al., 2021)

அதேவேளை 4C திறன்களான விமர்சன சிந்தனைத் திறன் மற்றும் ஒத்துழைப்புத்திறன் ஆகியவை சார் மாறியாக பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள ஆய்வுகள் காணப்படுகின்றன. ஒத்துழைப்புத்திறனில் செயற்றிட்ட அடிப்படையிலான கற்றல் செயற்பாடுகளின் தாக்கம், விமர்சன சிந்தனையில் அறிவுசார் தேர்ச்சியின் தாக்கம் மற்றும் விமர்சன சிந்தனையில் விஞ்ஞான மனப்பாங்கின் செல்வாக்கு என்பனவும் ஆராயப்பட்டுள்ளன. ஆகவே தற்பொழுது மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ள ஆய்வில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள சார் மாறி சாரா மாறியாகவும் சாரா மாறி சார்மாறியாகவும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது எனவே இந்த ஆய்வுகள் இடைவெளியைக் காட்டுகின்றன. (Harida, 2021; Rahma et al., 2021;)

Supena (2021) மேற்கொண்ட ஆய்வு விஞ்ஞான பாடத்திட்டத்தில் மாணவர்களின் கற்றல் விளைவுகளில் 4C திறன்களின் விமர்சனசிந்தனையின் செல்வாக்கை ஆராய்ந்தது. முடிவுகள் மாணவர்களின் விமர்சன சிந்தனை திறன்கள் அவர்களின் விஞ்ஞானபாட கற்றல் விளைவுகளில் குறிப்பிடத்தக்க முன்னேற்றங்களைக் காட்டின, ஆயினும் அவ் ஆய்வில் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு அளவிடப்படவில்லை ஆகவே ஆய்வு இடைவெளியொன்று காணப்படுகின்றது.

ஆய்வுக்கான எண்ணக்கருச் சட்டகம்



ஆய்வு முறையியல்

ஆய்வு வடிவமைப்பு

இந்த ஆய்வானது அளவறி அணுகுமுறையில் அமைந்த குறுக்குவெட்டு அளவைநிலை ஆய்வாக மேற்கொள்ளப்பட்டது.

ஆய்வு பிரதேசம்

இந்த ஆய்வானது மன்னார் மாவட்டத்தின் மடுவலயத்தின் மடுக்கல்விக் கோட்டப் பாடசாலைகளில் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவில் கல்விகற்கும் மாணவர்களில் மேற்கொள்ளப்பட்டது.

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

ஆய்வுக் குடித்தொகை

ஆய்வுக் குடித்தொகை தெரிவில் ஆய்வுப் பிரதேசமான மடுக்கோட்டப் பாடசாலைகளில் இரண்டு 1AB பாடசாலைகளும், மூன்று 1C பாடசாலைகளும் மற்றும் நான்கு வகை 2 பாடசாலைகளும் இவ் ஆய்விற்காக தெரிவு செய்யப்பட்டன. இப் பாடசாலைகளில் கனிஸ்ட இடைநிலை வகுப்புகளில் கற்கும் 1084 மாணவர்கள் குடித்தொகையாக தெரிவு செய்யப்பட்டுள்ளனர். அது தொடர்பான விபரம் கீழே அட்டவணை 1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 1

ஆய்வுக் குடித்தொகைப் பரம்பல்

பாடசாலை வகை	பாடசாலை எண்ணிக்கை	மொத்த மாணவர் எண்ணிக்கை(1084)							
		தரம்-06		தரம்-07		தரம்-08		தரம்-09	
		ஆ	பெ	ஆ	பெ	ஆ	பெ	ஆ	பெ
1AB	02	45	58	47	72	55	67	76	42
1C	03	38	42	41	47	36	49	52	61
Type-2	04	20	18	27	32	35	49	31	44
மொத்தம்	09	103	118	115	151	126	165	159	147

Note: ஆ: ஆண், பெ: பெண்

மாதிரியெடுப்பும் ஆய்வு மாதிரியும்

ஆய்வுக்காக தெரிவு செய்யப்பட்ட ஒன்பது பாடசாலைகளில் கற்கும் கனிஸ்ட இடைநிலைப் பிரிவு 287 மாணவர்கள் பாலினை அடிப்படையாகக் கொண்ட விகிதாசார அடிப்படையிலான படைகொண்ட எழுமாற்று மாதிரியெடுப்பினூடாக மாதிரிகளாக தெரிவு செய்யப்பட்டனர் (Coharan, 1973). இது தொடர்பான விபரம் கீழே அட்டவணை 2 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 2

ஆய்வுக்கான மாதிரியின் விபரம்

பாடசாலை வகை	பாடசாலை எண்ணிக்கை	மாதிரியளவு (287)							
		தரம்-06		தரம்-07		தரம்-08		தரம்-09	
		ஆ	பெ	ஆ	பெ	ஆ	பெ	ஆ	பெ
1AB	02	12	15	12	19	15	17	21	12
1C	03	10	11	11	12	09	13	13	16
Type-2	04	07	05	07	09	09	13	08	12
மொத்தம்	09	29	31	30	40	33	43	42	39

Note: ஆ: ஆண், பெ: பெண்

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

தரவு சேகரிப்பு

இந்த ஆய்வின் பொருட்டு ஆய்வு மாதிரிகளான மாணவர்களிடமிருந்து தரவுகளைச் சேகரிப்பதற்காக தரவு சேகரிப்பு கருவியாக மூடிய வகை வினாக்களை மாத்திரம் கொண்ட ஆய்வாளரினால் கட்டமைக்கப்பட்ட வினாக்கொத்து பயன்படுத்தப்பட்டது. இவ் வினாக்கொத்தானது மூன்று பகுதிகளில் மொத்தமாக 26 வினாக்களைக் கொண்டதாகவும் வடிவமைக்கப்பட்டுப் பயன்படுத்தப்பட்டது. வினாக்கொத்தின் நம்பகம் Cronbach's Alpha மூலமும் (Cronbach, 1951), வினாக் கொத்தின் தகுதியானது புள்ளிவிபரவியல் சரிபார்ப்பு நுட்பங்களில் ஒன்றான Pearson இன் உருப்படி மொத்த இணைபு முறை மூலமும் தீர்மானிக்கப் பட்டது (Tavakol & Dennick, 2011).

தரவுப்பகுப்பாய்வு

சேகரிக்கப்பட்ட தரவுகள் விபரணப் புள்ளிவிபரவியல் நுட்பங்களான இடை மற்றும் நியம விலகல் என்பவற்றினைப் பயன்படுத்தியும் பரமான மற்றும் பரமானமற்ற அனுமானப் புள்ளிவிபரவியல் நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தியும் பகுப்பாய்வு செய்யப்பட்டன.

பொருத்தமான அனுமானப் புள்ளிவிபரவியல் நுட்பங்களைத் தெரிவு செய்வதன் பொருட்டு சேகரிக்கப்பட்ட தரவுகள் செவ்வன் பரம்பலுக்கு உட்பட்டுள்ளதா என்பதைக் கண்டறிவதற்காக இத் தரவுகள் Kolmogrov-Smirnov மற்றும் Shapiro Wilk சோதனைக்கு உட்படுத்தப்பட்டன. கனிஸ்ட இடைநிலை மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தியில் 4C திறன்களின் தாக்கம் தொடர்பான மாணவர்களின் பால், வயது அடிப்படையில் சேகரிக்கப்பட்ட தரவுகள் செவ்வன் பரம்பலுக்கு உட்படாததால் கனிஸ்ட இடைநிலை மாணவர்களிடையே விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தியின் பரம்பல் மற்றும் கனிஸ்ட இடைநிலை மாணவர்களிடையே 4C திறன்களின் விருத்தியின் பரம்பல் தொடர்பாக கண்டறிவதற்கு Mann-Whitney U சோதனையும் மற்றும் Kruskal-Wallis H சோதனையும் பயன்படுத்தப்பட்டது. கனிஸ்ட இடைநிலை மாணவர்களின் 4C திறன்விருத்திநிலையானது அவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தியில் எந்தளவிற்கு செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றது என்பதைக் கண்டறிய Simple linear regression பகுப்பாய்வு நுட்பம் பயன்படுத்தப்பட்டது. கனிஸ்ட இடைநிலை மாணவர்களிடையே விருத்தியடைந்துள்ள 4C திறன்களில் எத்திறன் அவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தியில் உயர்ந்தளவிற்கு செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றது என்பதை கண்டறிய Multiple linear regression analysis மற்றும் Stepwise regression analysis ஆகிய பகுப்பாய்வு நுட்பங்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன.

முடிவுகளும் கலந்துரையாடல்களும்

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையின் பரம்பல்

விஞ்ஞான கருத்துகளுக்கு மாற்று கருத்துகளை ஏற்றுக் கொள்வது (M = 4.30, SD = .59) பரிசோதனை முடிவுகளை துல்லியமாக குறித்தல் (M = 4.24, SD = .66) ஊடகங்களில் வெளிவிடப்படும் விஞ்ஞானம்சார் கருத்துக்களை விமர்சன ரீதியாக ஆராய்தல் மற்றும் முடிவிற்கு வருவதற்கு முன் ஆதாரங்களைக் கோருதல் போன்றகுறிகாட்டிகளை (M = 4.27, SD = .81) உள்ளடக்கிய வினாக்கள் மிக உயர்வான இடைப்பெறுமானத்தை கொண்டிருப்பதால் பெரும்பாலான மாதிரிகளிடையே இக் குறிகாட்டிகள் தொடர்பாக உயர் திருப்திநிலையைக் கொண்டுள்ள அதேவேளை ஏனைய குறிகாட்டிகளான சிக்கல்களை தீர்ப்பதில் ஆர்வம் மற்றும் கருவிகளை கையாளுவதில் ஈடுபாட்டை காண்பித்தல்; (M = 4.18, SD = .75) , பரிசோதனைகளை நடத்தல் மற்றும் திட்டங்களை வகுத்தல் போன்ற விஞ்ஞான செயன்முறைகளில் பங்குபற்றல் (M = 4.06, SD = .99) , புதிய முன்னுதாரணங்கள் மற்றும் கருதுகோள்களை திறந்த மனப்பான்மையுடன் வெளிப்படுத்தல் (M = 3.83, SD = .69), குழுச்செயற்பாடுகளில் கருத்துக்களை ஏனையவர்களுடன் பகிர்தல் மற்றும் ஏனையவர்களின் கருத்துக்களுக்கு மதிப்பளித்தல் (M = 4.03, SD = .84) மற்றும் நிஜ உலக சிக்கல்களை தீர்க்க தம்மிடமுள்ள விஞ்ஞான அறிவைப் பயன்படுத்துவர் (M = 4.10, SD = .86)

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

எனும் குறிகாட்டிகளை உள்ளடக்கிய வினாக்கள் உயர்வான இடைப்பெறுமானத்தையும் கொண்டுள்ளமை மாதிரிகளிடையே இக் குறிகாட்டிகள் தொடர்பாக உயர் திருப்திநிலை காணப்படுவது வெளிப்படுத்தப்படுவதுடன் மொத்த மாதிரிகளிடையே விஞ்ஞான மனப்பாங்கு தொடர்பாக உயர்திருப்தி நிலை காணப்படுகின்றது வெளிப்படுத்தப்படுகின்றது *(M* = 3.67*, SD* = .47*).*

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் குடிசார் மாறிகளின் செல்வாக்கு

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் பால் வேறுபாட்டின் செல்வாக்கு தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட Mann-Whiney U சோதனையின் போது பெறப்பட்ட முடிவுகள் *(U* = 5453*, p*=.001*)* விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் பால் நிலை பொருண்மைமான வேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ளது. இதனடிப்படையில் பெண்மாணவர்களிடையே *(M* = 3.67 *, SD* = .46*)* விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்திநிலை ஆண்மாணவர்களை *(M* = 3.47 *, SD* = .39*)* விட அதிகமாகக் காணப்படுகின்றமை அவதானிக்கப்பட்டுள்ளது.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் கற்கும் தர நிலை வேறுபாட்டின் செல்வாக்கு தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட Krushkal – Wallis H சோதனையின் போது பெறப்பட்ட முடிவுகள் *(H* = 41.081*, p*=.001*)* விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் கற்கும் தரநிலை பொருண்மைான வேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ளது கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இதனடிப்படையில் தரம் *06* மாணவர்களிடையே *(M* = 3.64*, SD* = .52*)* 4C திறன்களின் விருத்திநிலை தரம் *07(M* = 3.49*, SD* = .33*)* தரம் *08* மாணவர்களின் *(M* = 3.56 *, SD* = .56*)* தரம் *09* மாணவர்களின் *(M* = 3.45*, SD* = .29*)* விட அதிகமாகக் காணப்படுகின்றமை அவதானிக்கபட்டுள்ளது. விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் கற்கும்தர நிலையின் செல்வாக்குத் தொடர்பாக பல ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் பரம்பல்

இந்த ஆய்வின் சாராமாறியான கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலை எந்தளவிற்கு பரம்பியுள்ளது தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட பகுப்பாய்வின் படி 4C திறன்களின் பரிணாமங்களான விமர்சன சிந்தனைத்திறன் (*M* = 4.06*, SD* = .31), படைப்பாற்றல்திறன் (*M* = 3.82*, SD* = .59), ஒத்துழைப்புத்திறன் (*M* = 3.98*, SD* = .68), மற்றும் தொடர்பாடல் திறன் (*M* = 4.12*, SD* = .70) போன்றவற்றின் இடைப்பெறுமானம் மற்றும் நியம விலகல் என்பன மேற்குறிப்பிட்டவாறு காணப்படுகின்றது. கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்கள் மற்றும் அதன் பரிணாமங்களினது இடைப்பெறுமானங்கள் Likert's அளவுத்திட்டம் 3.40 இற்கும் 4.19 இற்குமிடையில் காணப்படுகின்றது. இதனடிப்படையில் தரவுகளை வழங்கிய மாதிரிகள் 4C திறன்கள் மற்றும் அவற்றின் பரிமாணங்கள் தொடர்பாக உயர்வான விருத்திநிலையை கொண்டுள்ளமை இங்கு கண்டறியப்பட்டது.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் குடிசார் மாறிகளின் செல்வாக்கு

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் பால் வேறுபாட்டின் செல்வாக்கு தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட Mann-Whiney U சோதனையின் போது பெறப்பட்ட முடிவுகள் *(U* = 2135*, p*= .001*)* கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் பால் நிலை பொருண்மைான செல்வாக்குச் செலுத்தப்படுகின்றமை வெளிப்படுத்தப்பட்டது இதனடிப்படையில் பெண்மாணவர்களிடையே *(M* = 3.77*, SD* = .44*)* 4C திறன்களின் விருத்திநிலை ஆண்மாணவர்களை *(M* = 3.43*, SD* = .47*)* விட அதிகமாகக்

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

காணப்படுகின்றமை அவதானிக்கபட்டுள்ளது. 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் பால் நிலையின் செல்வாக்குத் தொடர்பாக பல ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. அவற்றில் Ghanizadeh & Royaei (2021) ,Miri et al. (2022) போன்றவர்களால் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வுகள் விமர்சன சிந்தனைத்திறனின் விருத்திநிலையில் பால் நிலை செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றமையும் Park & Kwon (2022), Zhang et al., (2023) என்பவர்களால் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வுகள் படைப்பாற்றல் திறனின் விருத்திநிலையில் பால் நிலை செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றமையும் Jiang & Smith (2021) Lee et al. (2023) என்பவர்களால் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வுகள் தொடர்பாடல் திறனின் விருத்திநிலையில் பால் நிலை செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றமையும் மற்றும் González et al. (2023) Patel et al. (2024) என்பவர்களால் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வுகள் ஒத்துழைப்புத் திறனின் விருத்திநிலையில் பால் நிலை செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றமையும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. இம் முடிவுகள் அனைத்தும் இந்த ஆய்வின் கண்டுபிடிப்புடன் ஒத்துப்போகின்றது.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் கற்கும் தர நிலை வேறுபாட்டின் செல்வாக்கு தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட Krushkal – Wallis H சோதனையின் போது பெறப்பட்ட முடிவுகள் மற்றும் கற்கும் தரம் *(H* = 13.565, *p*=.001*)* கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் கற்கும் தரநிலை பொருண்மைான செல்வாக்குச் செலுத்தப்படுகின்றமை வெளிப்படுத்தப்பட்டது இதனடிப்படையில் தரம் 06 மாணவர்களிடையே *(M* = 3.55*, SD* = .56*)* 4C திறன்களின் விருத்திநிலை தரம் *07(M* = 3.62*, SD* = .38*)* தரம் 08 மாணவர்களின் *(M = 3.56, SD =* .60*)* தரம் 09 மாணவர்களின் *(M* = 3.43*, SD* = .37*)* விட அதிகமாகக் காணப்படுகின்றமை அவதானிக்கபடபட்டுள்ளது. 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் கற்கும்தர நிலையின் செல்வாக்குத் தொடர்பாக பல ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. Zhang et al. (2023)**,** Shin et al. (2022) மற்றும் Garcia et al. (2022) போன்றவர்களால் மேற்கொள்ளப்பட்ட ஆய்வுகள் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் கற்கும் தரநிலை பொருண்மைான செல்வாக்குச் செலுத்தப்படுகின்றமையை வெளிப்படுத்தப்படுத்துகின்றன. மற்றும் இவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட முடிவுகள் இந்த ஆய்வுடன் பெரிதும் ஒத்துப்போகக் கூடியதாக காணப்படுகின்றது.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பரிவு மாணவர்களிடையே 4C திறன்களின் விருத்தி அவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கில் ஏற்படுத்தும் தாக்கத்தை கண்டறிவதற்காக Simple Linear Regression பகுப்பாய்வு மேற்கொள்ளப்பட்ட போது பெற்றுக்கொள்ளப்பட்ட முடிவுகளின் அடிப்படையில் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பரிவு மாணவர்கடையே 4C திறன்களின் விருத்தி அவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தியில் பொருண்மையான தாக்கம் செலுத்துகின்றது *(F(1,95) = 507.26*, β = .800). மேலதிகமாக R^2 = .640 ஆனது கனிஸ்ட இடைநிலைப்பரிவு மாணவர்கடையே 4C திறன்களின் விருத்தி அவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கில் 64.0% தாக்கம் செலுத்துகின்றது. 4C திறன்களின் பரிமாணங்களின் தாக்கம் எவ்வாறு உள்ளது மற்றும் எப்பரிமாணம் அதிகளவில் தாக்கம் செலுத்துகின்றது என்பதை கண்டறிய Multiple Regression பகுப்பாய்வினை மேற்கொண்ட போது பெற்றுக்கொள்ளப்பட்ட பீற்றா (β) பெறுபெறுகளின் படி (படித்திறன்) கீழ்காணப்படும் சமன்பாடு உருவாக்கப்பட்டது.

SA= -.283 + .708* CT + -.467*CR + .528*CL + .224*CM

இங்கு SA-விஞ்ஞான மனப்பாங்கு, CT - விமர்சன சிந்தனைத்திறன், CR - படைப்பாற்றல் திறன், CL - ஒத்துளைப்புத் திறன், CM - தொடர்பாடல் திறன் என்பவற்றைக் குறிக்கின்றது.

ஓரலகு பெறுமானத்தால் CT அதிகரிக்கும் போது SA யானது .708 அலகினால் அதிகரிக்கும் அதேவேளை CR ஓரலகு பெறுமானத்தால் அதிகரிக்கும் போது SA யானது -.467 அலகினால் குறைவடையும், அத்துடன் ஓரலகு பெறுமானத்தால் CL அதிகரிக்கும் போது SA யானது .528 அலகினால் அதிகரிப்பதுடன் CM ஓரலகு பெறுமானத்தால் அதிகரிக்கும் போது SA யானது .224

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

அலகினால் அதிகரிக்கும். நான்கு பரிமாணங்களும் விஞ்ஞான மனப்பாங்கில் பொருண்மையான தாக்கத்தை ஏற்படுத்துவதுடன் *(p<.05)* விமர்சன சிந்தனைத் திறன் ஏனையவற்றடன் ஒப்பிடும் போது அதிகளவு தாக்கத்தை ஏற்படுத்துவதும் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. ஆயினும் CR ஆனது மறைப்பெறுமானத்தை கொண்டுள்ளமையால் மிகச் சிறந்த மாதிரிகை அமைப்பைக் கண்டறிய Stepwise Regression மூலம் பெறப்பட்ட முடிவுகள் வேறுபட்ட மாதிரிகைகளை வெளிப்படுத்தியது. ஆயினும் Adjusted R Square *(.722)* பெறுமானம் அதிகமாகவும் Std. Error of the Estimate *(.247)* பெறுமானம் குறைவாகவும் காணப்படும் மாதிரிகையை சிறந்த மாதிரிகையாகத் தெரிவு செய்யலாம் (Frost, 2017) எனும் நிபந்தனைக்கமைய நான்காவது மாதிரிகையானது மேற்குறிப்பிட்ட நிபந்தனைகளை பூர்த்திசெய்வதுடன் ஏற்கனவே முன்வைக்கப்பட்ட மாதிரிகையுடன் ஒத்துப் போவதாலும் அம் மாதிரிகையானது பொருத்தமானதாகத் தெரிவு செய்யப்பட்டுள்ளது.

ஆய்வு முடிவுகள்

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் பரம்பல் 4C திறன்களின் பரிணாமங்களான விமர்சன சிந்தனைத்திறன், படைப்பாற்றல்திறன், ஒத்துழைப்புத்திறன் மற்றும் தொடர்பாடல் திறன் மாதிரிகள் 4C திறன்களின் பரிமாணங்கள் தொடர்பாக உயர்வான விருத்திநிலையை கொண்டுள்ளனர்.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் **4C** திறன்களின் விருத்தி நிலையில் குடிசார் மாறிகளின் செல்வாக்கு

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் பால் வேறுபாட்டின் செல்வாக்கு தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட Mann-Whiney U சோதனையின் போது பெறப்பட்ட முடிவுகள் 4C திறன்களின் பரிணாமங்களான விமர்சன சிந்தனைத்திறன், படைப்பாற்றல்திறன் ஒத்துழைப்புத்திறன் மற்றும் தொடர்பாடல் திறன் போன்ற 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் பால் நிலை பொருண்மையான வேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ளது.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் 4C திறன்களின் விருத்தி நிலையில் கற்கும் தர நிலை வேறுபாட்டின் செல்வாக்கு தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட Krushkal – Wallis H சோதனையின் போது பெறப்பட்ட முடிவுகள் 4C திறன்களின் பரிமாணங்களான விமர்சன சிந்தனைத்திறன், படைப்பாற்றல்திறன், ஒத்துழைப்புத்திறன் மற்றும் தொடர்பாடல் திறன் போன்ற 4C திறன்களின் பரிமாணங்களான விருத்தி நிலையில் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் கற்கும் தரநிலை பொருண்மையான வேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ளது.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் குடிசார் மாறிகளின் செல்வாக்கு

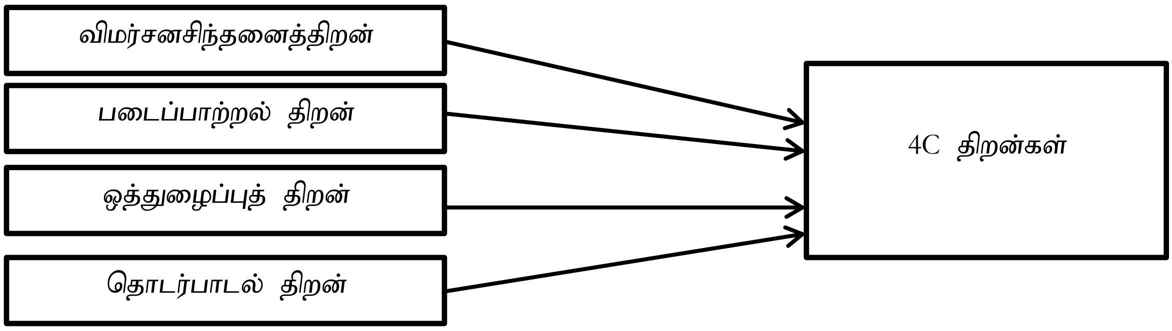
கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் பால் வேறுபாட்டின் செல்வாக்கு தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட Mann-Whiney U சோதனையின் போது பெறப்பட்ட முடிவுகள் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் பால் நிலை பொருண்மையான செல்வாக்குச் செலுத்துகின்றது.

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் கற்கும் தர நிலை வேறுபாட்டின் செல்வாக்கு தொடர்பாக மேற்கொள்ளப்பட்ட Krushkal – Wallis H சோதனையின் போது பெறப்பட்ட முடிவுகள் கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் கற்கும் தரநிலை பொருண்மையான வேறுபாட்டைக் கொண்டுள்ளது.

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் 4C திறன்களின் தாக்கம்

கனிஸ்ட இடைநிலைப்பிரிவு மாணவர்களின் விஞ்ஞான மனப்பாங்கு விருத்தி நிலையில் 4C திறன்களின் தாக்கம் பொதுவாக 64% காணப்படும் அதேவேளை 4C திறன்கள் நான்கிலும் விமர்சனசிந்தனைத்திறனே அதிகளவில் தாக்கம் செலுத்துகின்றது. நான்கு பரிமாணங்களும் விஞ்ஞான மனப்பாங்கில் பொருண்மையான தாக்கத்தை ஏற்படுத்துவதுடன் ($p<.05$) விமர்சன சிந்தனைத் திறன் ஏனையவற்றடன் ஒப்பிடும் போது அதிகளவு தாக்கத்தை ஏற்படுத்துவது கண்டறியப்பட்டுள்ளது. அததுடன் Stepwise regression முடிவுகளின் படி கீழ் காணப்படும் மாதிரி சிறந்த மாதிரியாக தெரிவு செய்யப்பட்டது.



உசாத்துணைகள்

Acar, Ö. (2018). Investigation of the science achievement models for low and high achieving schools and gender differences in Turkey. Journal of Research in Science Teaching, 56(5), 649–675. https://doi.org/10.1002/tea.21517

Ajay S. (2014). SAMPLING TECHNIQUES & DETERMINATION OF SAMPLE SIZE IN APPLIED STATISTICS RESEARCH: AN OVERVIEW. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, *2(11).*

Allevato, E. (2019). A Project-based Approach to Examine University Teachers Attitudes towards Visually Impaired Students. *Scholarly Journal of Psychology and Behavioral Sciences*, *2*(3). https://doi.org/10.32474/sjpbs.2019.02.000137

Amabile, T. M. (1996). Creativity in context. Westview Press.

Astuti, T. N., Sugiyarto, K. H., & Ikhsan, J. (2020). Effect of 3D Visualization on Students' Critical Thinking Skills and Scientific Attitude in Chemistry. *International Journal of Instruction*, *13*(1), 151–164. https://doi.org/10.29333/iji.2020.13110a

Azza Abouhashem, Abubaker Elbashir, Magdy, R., Shahad Alkhair, Ali, R., Hemalatha Parangusan, Ahmad, Z., & Al-Thani, N. J. (2024). Exploring of the gender variations in 4Cs skills among primary students. *Thinking Skills and Creativity*, 101510–101510. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101510

Babbie, E. R. (2021). *The Practice of Social Research* (15th ed.). Cengage Learning.

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

Baer, J., & Kaufman, J. C. (2006). Creativity research in education: Foundations, applications, and future directions. Hampton Press.

Betti Cahya Wulandari , Ani Rusilowati , Sigit Saptono, & Ani Rusilowati. (2019). The Development of Performance Assessment Instrument Integrated 4C for Measuring Science Process Skills in the Science Experiments of Elementary School Students. *233Journal of Primary Education*, 233–2241.

Brotman, J. S., & Moore, F. M. (2008). Girls and science: A review of four themes in the science education literature. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(9), 971–1002. https://doi.org/10.1002/tea.20241

Cahyana, C., Hamdu, G., Lidinillah, D. A. M., & Apriliya, S. (2020). Electrical Tandem Roller (ETR) Media for 4C Capabilities Based Stem Learning Elementary Schools. *International Journal of Elementary Education*, *4*(2), 169. https://doi.org/10.23887/ijee.v4i2.25205

Council of Chief State School Officers. (2013). Framework for 21st century learning. Retrieved from CCSSO.

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, *16*(3), 297–334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Darmayanti, R., In'am, A., Eriyanti, R. W., & Effendi, Moh. M. (2024). Development of 4C Skills and Self-Efficacy of High School Students through "PIZZA" Paper Media in Mathematics Learning: A Control-Based Experimental Study. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.5010881

Dewey, J. (1933). How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process. DC Heath.

Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). *Internet, Phone, Mail, and Mixed-Mode Surveys: The Tailored Design Method* (4th ed.). Wiley.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational Researcher, 23(7), 5–12.

Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. Theory into Practice, 32(3), 179–186.

Facione, P. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. Insight Assessment.

Facione, P. A. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. American Philosophical Association.

Fang, Z. (2012). Language correlates of disciplinary literacy. Topics in Language Disorders, 32(1), 19–34.

Farhan, A., Nurlaili, Susanna, Soewarno, & Yusrizal. (2021). Students' creative thinking skills and impact on learning outcomes in physics laboratory II academic using the learning model project-based. *AIP Conference Proceedings*, *2330*, 020009. https://doi.org/10.1063/5.0037632

Fernando, S., & Balasuriya, T. (2020). Enhancing science education through inquiry-based learning in Sri Lankan classrooms. National Science Foundation.

Fernando, T., & Jayawardena, R. (2019). Teacher perspectives on implementing 21st-century skills in the Sri Lankan curriculum. Journal of Educational Development, 15(3), 207–215

Fitriani, N., Gunawan, G., & Sutrio, S. (2017). Berpikir Kreatif Dalam Fisika Dengan Pembelajaran Conceptual Understanding Procedures (CUPs) Berbantuan LKPD. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, *3*(1), 24–33. https://doi.org/10.29303/jpft.v3i1.319

Fitriyanti, F., Laras, I. S., Khasanah, K., Anita, I. D., & Rahmawati, F. (2021). Implementasi Metode Collaborative Learning Dalam Pembelajaran Statistika Untuk Meningkatkan Keterampilan 4C (Critical And Problem Solving Skills, Collaboration Skills, Communication Skills, And Creativity And Innovation Skills) Pada Siswa Kelas XI. *Edunesia : Jurnal Ilmiah Pendidikan*, *2*(1), 249–259. https://doi.org/10.51276/edu.v2i1.115

Fowler, F. J. (2014). *Survey Research Methods* (5th ed.). Sage Publication.

Frost, J. (2017, July 27). Model Specification: Choosing the Correct Regression Model - Statistics By Jim. Statistics by Jim. https://statisticsbyjim.com/regression/model-specification-variable-selection/

Gauld, C. F., & Hukins, A. A. (1980). Scientific attitudes: A review. Studies in Science Education, 7(1), 129–161.

Guilford, J. P. (1967). The nature of human intelligence. McGraw-Hill.

Halpern, D. F. (2014). Thought and knowledge: An introduction to critical thinking (5th ed.). Psychology Press.

Hargie, O. (2016). The handbook of communication skills (4th ed.). Routledge.

Harlen, W. (1996). The teaching of science in primary schools. David Fulton Publishers.

Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2011). High-School Students' Attitudes toward and Interest in Learning Chemistry. Educación Química, 22(2), 90–102. https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30121-6

Hummel, B. (2021, December 31). *What are the 4 c's of 21st century skills?* Www.icevonline.com. https://www.icevonline.com/blog/four-cs-21st-century-skills

I. Pont-Niclòs, A. Martín-Ezpeleta, & Y. Echegoyen-Sanz. (2023). The Turning Point: Scientific Creativity Assessment and Its Relationship with Other Creative Domains in First Year Secondary Students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *12*(2), 221–231. https://doi.org/10.15294/jpii.v12i2.42835

Indira Lilamani Ginige. (2023). *Reforming the Secondary School Curriculum: A Sri Lankan Experience at the Dawn of the New Millennium*. 319–342. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4349-2_16

Jayaweera, M. (2016). Science attitudes and examination pressures in Sri Lankan secondary schools. Education and Society, 12(1), 78–94.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. Educational Researcher, 38(5), 365–379.

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. British Journal of Applied Science & Technology, 7(4), 398. https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975

Karunaratne, S., & Silva, A. (2021). Resource gaps in rural education and the challenge of skill-based learning in Sri Lanka. Asian Education Review, 13(2), 98–107.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. , 3(1). *International Journal of STEM Education*, *3*(1).

Kind, P. M., & Kind, V. (2007). Creativity in science education: Perspectives and challenges for developing school science. Studies in Science Education, 43(1), 1–37.

Mardhiyah, R. H., Aldriani, S. N. F., Chitta, F., & Zulfikar, M. R. (2021). Pentingnya Keterampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia. *Lectura : Jurnal Pendidikan*, *12*(1), 29–40. https://doi.org/10.31849/lectura.v12i1.5813

McIntyre, L. (2019). The Scientific Attitude. In *The MIT Press eBooks*. The MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/12203.001.0001

Mercer, N. (2000). Words and minds: How we use language to think together. Routledge.

Miller, B. T., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J.-M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*,*11*(3),54.https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10054602/

Mohamed Nor, H., & Sihes, A. J. (2021). Critical Thinking Skills in Education: A Systematic Literature Review. International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences, 11(11). https://doi.org/10.6007/ijarbss/v11-i11/11529

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, *25*(9), 1049–1079. https://doi.org/10.1080/0950069032000032199

Partnership for 21st Century Learning. (2009). P21 framework definitions. https://www.battelleforkids.org/networks/p21

Partono, P., Wardhani, H. N., Setyowati, N. I., Tsalitsa, A., & Putri, S. N. (2021). Strategi Meningkatkan Kompetensi 4C (Critical Thinking, Creativity, Communication, & Collaborative). *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, *14*(1), 41–52. https://doi.org/10.21831/jpipfip.v14i1.35810

Paul, R., & Elder, L., 2006. The miniature guide to critical thinking: Concepts and tools.. s.l.:Foundation for Critical Thinking..

Perera, G., & Gunawardena, M., 2019. Adapting Sri Lankan education for 21st-century skills.. Colombo Journal of Educational Studies, 9(1), pp. 33-47.

Pertiwi, A. A., & Rizal, F. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Instruction Berbasis Collaboration, Communication, Creativity and Critical Thinking Terhadap Hasil Belajar Rangkaian Elektonika. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, *20*(1), 61–68. https://doi.org/10.24036/invotek.v20i1.665

Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press.

Piaget, J., 1952. The Origins of Intelligence in Children.. s.l.:Routledge & Kegan Paul.

Putri, D. A. H., & Usmeldi, U. (2023). Factors Affecting Junior High School Students' 4C Skills: An Empirical Study. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(SpecialIssue),1089–1101. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.5793

Quadir, B., Zhang, X., & Shen, J. (2024). Factors Affecting Learning in Block Mode Teaching: Challenges and Recommendations. *The Asia-Pacific Education Researcher*. https://doi.org/10.1007/s40299-024-00913-7

Rehman, N., Zhang, W., Mahmood, A., Fareed, M. Z., & Batool, S. (2023). Fostering twenty-first century skills among primary school students through math project-based learning. *Humanities and Social Sciences Communications*, *10*(1), 1–12. https://doi.org/10.1057/s41599-023-01914-5

Romel C. Robledo. (2019). Students' Attitudes toward Science in Relation to Science Achievement. Nternational Journal of Science and Research.

Saadah, & M, K. (2017). "Increasing scientific attitude and concept understanding using guided inquiry model in chemical equilibrium,." *"QUANTUM, Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, *vol. 8*, 78–88,.

Selman, Y. F., & Jeadun, A. (2020). Evaluation of the implementation of 4C skills in indonesian subject at senior high Schools. *Jurnal Pendidikan Indonesia, 9*(2), 244–257.

Simon, H. A., 1997. Administrative behavior: A study of decision-making processes in administrative organizations.. s.l.:Free Press..

Sri Nursakinah, & Suyanta Suyanta. (2023a). Influence of Models Discovery Learning to Critical Thinking Ability and Scientific Attitude of Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, *9*(10), 8879–8889. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4792

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In Handbook of creativity (pp. 3–15). Cambridge University Press.

Supena, I., Darmuki, A., & Hariyadi, A., 2021. The Influence of 4C (Constructive, Critical, Creativity, Collaborative) Learning Model on Students' Learning Outcomes.. International Journal of Instruction, 14(3), pp. 873-892..

Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, *48*(6), 1273–1296. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2

Taconis, R., Ferguson-Hessler, M. G. M., & Broekkamp, H. (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. Journal of Research in Science Teaching, 38(4), 442–468

Tanjung, M. R., & Mufit, F. (2023). Analysis of Learning Implementation, Skills of 4C, Attitudes Towards Learning and Students' Understanding Concepts of Physics. *Journal of Physics: Conference Series*, *2582*(1), 012050. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2582/1/012050

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, *2*(2), 53–55. https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd

Teddlie, C., & Yu, F. (2007). Mixed Methods Sampling. *Journal of Mixed Methods Research*, *1*(1), 77–100. https://doi.org/10.1177/2345678906292430

ISSN (Print): 1391-6815 *ISSN (Online): 2738-2214*

Trilling, B., & Fedel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times.*

Tyaningsih, R. Y., Arjudin, A., & Salsabila, N. H. (2022). Mathematical Communication Skills in Solving Limit and Continuity Problems: Reviewed from Intra-and-Interpersonal Intelligence. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, *5*(1), 29–42. https://doi.org/10.24042/ijsme.v5i1.10680

Vincent-Lancrin, S., González-Sancho, C., Bouckaert, M., de Luca, F., Fernández-Barrerra, M., Jacotin, G., Urgel, J., & Vidal, Q. (2019). Fostering Students' Creativity and Critical Thinking. In Educational Research and Innovation. OECD. https://doi.org/10.1787/62212c37-enhttps://doi.org/10.37304/jikt.v15i2.343

Vithanapathirana, M., & Nettikumara, L. (2020). Improving secondary science instruction through content and language integrated learning (clil) in sri lanka. *International Online Journal of Education and Teaching*, *7*(1), 141–148. http://iojet.org/index.php/IOJET/article/view/684

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes. *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*, *1*(1). https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4

Weng, Y., & Ching, C. (2022). Problem-based digital making activities to support students' creative explorations and solutions. Journal of Educational Technology, 18(2), 45–60.

Wickramasinghe, L., & Perera, H., 2017. Sri Lanka's general education reforms: Aligning with 21st-century skills.. Journal of Education Policy, 10(2), .. pp. 57-65.

Wijaya , I. K. W. B. (2020). Pengembangan Keterampilan Proses Sains Melalui Metode Penemuan. *Jurnal Pendidikan Biologi*, *6*(2). https://doi.org/10.24114/jpb.v6i2.6547

Zahreen Mohd Arof, K., Ismail, S., & Latif Saleh, A. (2018). Contractor's Performance Appraisal System in the Malaysian Construction Industry: Current Practice, Perception and Understanding. International Journal of Engineering & Technology, 7(3.9), 46. https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.9.15272

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. Theory into Practice, 41(2), 64–70.