

# Digital Storytelling for Educational Equity: Evidence from the DN-DEE Model in Resource-Diverse Chinese Schools

Ning An, Mazida Ahmad and Huda Ibrahim

University Utara Malaysia, IASDO Institute for Advanced and Intelligent Digital Opportunities, School of Computing

## Abstract

*This work presents and validates the digital narrative for educational equity double cycle activation model (DN-DEE) aimed at elucidating the function of digital storytelling (DST) in fostering educational equity in resource-disparate environments. The DN-DEE model integrates a macro policy-resource adaptation cycle with a micro learner activation cycle, connecting structural support to individual agency within a dynamic co-evolutionary framework. A quasi-experimental design involving 462 middle school students in central and western China (propensity score matching + difference-in-differences), along with longitudinal assessments, sequential mediation analysis and structural equation modelling (SEM), revealed that DST enhanced learning outcomes. Furthermore, it predominantly helped low-resource students, hence validating the resource compensating effect. The learners' motivational and emotional engagement mitigated the effects of DST. Furthermore, teacher digital literacy mitigated the impact of DST on learning outcomes. The resource compensation quantification matrix (RCQM) has been developed to systematically evaluate resources within the broader context of the DST, especially in a cross-cultural environment. The study's results enhance theoretical comprehension of digital educational equity, provide a reproducible evaluative methodological tool and offer practical insights for directing policy and instructional strategies for effective digital skills training in low-resource environments.*

**Keywords:** cross-cultural adaptation; digital inequality; DN-DEE double cycle activation model; learner motivation; low-resource contexts; resource compensation quantification matrix (RCQM)

## Introduction

### ***The global challenge of the digital divide and educational equity***

UN Sustainable Development Goal 4 (SDG 4) aims to guarantee inclusive and equitable quality education while fostering lifelong learning opportunities for everyone. Despite the implementation of this order, prevailing digital disparities obstruct educational fairness in low- and middle-income countries (LMICs). Approximately two-thirds of rural schools in low- and middle-income countries (LMICs) lack sufficient digital infrastructure, and nearly half of educators in resource-limited environments lack adequate digital pedagogical skills (Karim, 2022). The COVID-19 epidemic has shown persistent systemic gaps in access to IT, student engagement and educational results (Supovitz et al. 2024). Digital exclusion denotes the varying degrees of access to communication technologies among diverse social groupings. Inequity in education includes not only access to gadgets and the internet but also digital literacy, pedagogy and academic accomplishment. For instance, during the epidemic in China, about 54.1 percent of rural students were able to attend online classes punctually, in contrast to 80.1 percent at the county-level areas. Such disparities obstruct fair access to education, while strengthening stratification and prolonging intergenerational inequities. The international research agenda is becoming progressively centred on identifying regional and global pedagogies that, by utilising technology, aim to diminish rather than exacerbate educational inequities.

### ***The potential of digital storytelling for advancing educational equity***

Digital storytelling (DST) integrates narratives with visuals, audio, video and text. It is an educational methodology that employs multimedia to convey knowledge interactively. The notion of DST was initially utilised in community and civic education and is being increasingly implemented to foster learner agency, creativity and identity formation inside formal education (Robin, 2008). Empirical evidence demonstrates the advantages of DST for cognitive and emotional learning. A meta-analysis of 94 studies revealed a mean impact size of  $d = 0.75$  for academic achievement, which indicates improvements in reading and writing skills (Faber et al., 2023). Complementary research indicated that DST enhances learning motivation, emotional engagement, communication ability and classroom participation (Bai et al., 2024). In advancing digital media environments, DST serves as a human-centered pedagogical instrument that can bridge learning disparities, promote inclusivity and humanise technology-enhanced education. DST is particularly adept at promoting educational equity. By utilising learners' life experiences, cultural identities and emotional expressions, DST offers resource-sensitive engagement paths for students in low-resource environments. Understanding this equitable support necessitates systemic affirmative action, which encompasses policy alignment, contextualised resource adaption and culturally sustained instructional design. In the absence of these criteria, DST may either alter circumstances or merely introduce new types of digital stratification.

### ***Research innovations and core contributions***

Despite the widespread interest in the problem of digital storytelling, the existing literature on the subject is significantly lacking. Most studies focus on micro psychological factors, intrinsic motivation and self-determination rather than the macro policy and resource contexts that influence outcomes. Limited research quantifies the compensating effects of diverse situations. Additionally, average treatment effects are cited in other contexts. This constrains the comprehension of equity gains. Numerous executed designs of DSTs frequently originate from a singular 'standard' source, neglecting contextual variety and cultural neutrality, especially in resource-limited environments. This work tackles these deficiencies by proposing and empirically validating the digital narrative for educational equity dual activation model (DN-DEE). The model links a macro-level policy and resource adaptation cycle to a micro-level learner activation cycle. It links structural facilitation with personal autonomy. The paradigm seeks to redefine educational equity as an ongoing co-evolutionary process instead of a mere distribution of resources. The resource compensation quantification matrix (RCQM) created in the study served as a methodological instrument that measured the influence of digital skills training (DiST) in reconciling disparities in infrastructure provision, digital literacy and education. An analysis utilising propensity score matching (PSM) and difference-in-differences (DID) estimates within a quasi-experimental framework facilitates a targeted assessment of equity-oriented outcomes. The research introduces a framework for the cross-cultural adaptation of DST, which suggests a series of technological solutions, the creation of locale-specific content (such as dialectal narration and offline media kits) and ongoing professional development for educators. These concepts enhance the scalability, cultural relevance and sustainability of low-resource educational situations.

### ***Research objectives and structure***

The objective of this study was to examine how digital storytelling (DST) can promote educational equity in heterogeneous resource contexts using the DN-DEE model. Specifically, it investigated how DST fostered equity through the interactions of policy support, resource adaptation and learner activation, as well as its differential and compensatory effects in high- and low-resource contexts. Additionally, the study developed and validated the resource compensation quantification matrix (RCQM) and proposed a cross-cultural DST adaptation framework suitable for resource-poor environments.

## **Literature review**

### ***Educational effects of digital storytelling***

Digital storytelling (DST) has been embraced as a multimodal pedagogy across various educational contexts, including language arts, science communication and interdisciplinary learning. Utilising several modalities such as textual, visual and

auditory forms, DST can augment cognitive growth and cultivate creativity, identity and learner autonomy. Research indicates that digital storytelling substantially affects cognitive and emotional functions. A meta-analysis of 94 studies indicated an overall impact size of  $d = 0.75$  for academic performance, which demonstrates improvements in reading comprehension, writing and critical reflection (Bangert-Drowns et al., 2024). Research supporting this study indicates that DST can improve students' motivation to learn, emotional involvement, communication proficiency and classroom participation (Bai et al., 2024). Nevertheless, the majority of studies have concentrated on the micro-level psychological outcomes (engagement, intrinsic drive, self-efficacy) resulting from DST. They predominantly overlooked its institutional and structural aspects. Variations in policy support, resources and implementation competence at the school level serve as essential mediators of DST outcomes and underscore the necessity for frameworks that link learner-focused processes to other components of the educational ecosystem at the macro level.

### ***Contextual and cross-cultural variations in DST effectiveness***

The efficacy of digital storytelling is contingent upon the situation. A meta-analysis indicates a more substantial effect in high-resource environments, with a value of 0.61, compared to 0.34 in low- and middle-income countries (LMIC). This illustrates the moderating influence of infrastructure and resources in comparison (Bangert-Drowns et al, 2024). Cultural setting also influences engagement. In individualist cultures, intentional self-override prioritises personal expression and innovation. Conversely, in collectivist cultures like East Asia, students typically emphasise cooperative and collaborative storytelling, as well as shared significance and social engagement (Kristiawan et al., 2021). Zarifsanaiey et al. (2022) indicated that female students generally exhibit more sensitivity to narratives and heightened emotional engagement compared to their male counterparts. The results necessitate the incorporation of culture, context and learner characteristics into the design and assessment of DSTs.

### ***Digital inequality theory and mechanisms of educational equity***

The digital inequality theory elucidates how the utilisation of digital technologies may either promote or impede equality. Albakri (2025) posited that digital inequality is characterised by a three-tiered or hierarchical structure. It encompasses disparities in technological access, then succeeded by variances in abilities and use. The educational and occupational influence constitutes the third tier of this hierarchy. The three layers interact dynamically, exacerbating the learning deficit. For example, during the COVID-19 pandemic in China, about 1.4 % of students in county areas were unable to access online classes, compared with 11.5 % of rural students (Hu et al., 2022). This was attributed to elements such as infrastructure, digital literacy, educational quality and pedagogy (Irvani, 2024). As inequality transitions from access to consequence, it is evident that merely supplying hardware is inadequate. Currently, it is increasingly evident that educational fairness depends on the effective utilisation of digital resources to foster substantial and transformative learning. Education-centric frameworks, such

as distributed system theory (DST), must be deliberately crafted to guarantee equity in learning, rather than merely equality in participation.

### ***AI-enhanced digital storytelling: opportunities and challenges***

A study (Roy et al., 2025) indicated that the efficiency of story design was enhanced by around 40 %. Consequently, artificial intelligence (AI) can enhance the DST by making it more personalised, structured and efficient. According to Cen et al. (2026), AI-DST platforms such as StoryPrompt facilitate student co-creation and enhance literacy. Nevertheless, despite AI assistance, these systems continue to demand substantial resources, which necessitates reliable internet access and sophisticated technology, as well as a significant degree of digital literacy, which are often lacking in low-resource or multilingual environments. AI systems may not exist due to the encoding of cultural and language factors. The co-evolution of culture and technology requires efficient adaptability. AI-DST emphasises individual creativity in western contexts, whereas in collectivist contexts, learners prioritise collaboration and collective authorship (Miller et al., 2020). Culturally reflective and resource-conscious integration of AI in decision support technology. The CADLI framework promotes the reconfiguration of instructional assumptions, learner roles and value systems instead of just translating content.

### ***Research gaps and theoretical limitations***

A literature review indicates the existence of three gaps. There is little emphasis on the interplay between micro-level psychological processes and macro-level policy dynamics. Methodological deficiencies entail a study design that is frequently cross-sectional or pre–post, which constrains causal inference. Limited research utilised a quasi-experimental approach (e.g., propensity score matching + difference-in-differences). The practical shortcomings of these treatments lie in their predominantly set designs, which are applied in entirely disparate contexts. Scalable and culturally adaptable frameworks are notably deficient in low-resource situations. Moreover, the roles of home literacy practices and teacher professional competences in digital narrative implementation remain underexplored (Lestari, 2025; Yan, 2025; Županić Benić & Kajm Ferčec, 2025).

### ***Summary and research positioning***

This work proposed and empirically evaluated the digital narrative for educational equity (DN-DEE) dual-cycle activation model, which links macro policy-resource adaptability with micro learner activation. This dynamic perspective facilitates an effective analysis of DST as a functioning system that promotes educational fairness across diverse resource situations. The RCQM implements and measures the inclusive efficacy of the DST in its impacts. The frameworks jointly situate the research at the convergence of digital pedagogy, educational equity and policy-driven innovation, which offers theoretical insights and practical assistance for equitable digital learning transformation.

## **Theoretical model and research hypotheses**

### ***Theoretical foundations of the DN-DEE double cycle activation model***

The digital narrative for educational equity double cycle activation model (DN-DEE) is constructed from digital inequality theory by Li (2025), self-determination theory by Deci (2012) and policy implementation theory by Paudel (2009). Examining educational equity in digital learning through a multi-faceted lens reveals it as a dynamic, co-evolutionary process. Macro-level policies and resource ecosystems that promote equitable participation can create enabling conditions, while the micro-level engagement of learners can convert accessibility into significant learning experiences. Insights derived from micro-level experiences can perpetually refine macro-level policies and procedures, rendering them more responsive to the learner. The digital inequality theory examines how structural disparities in access, abilities and outcomes affect educational possibilities. Self-determination theory elucidates how DST activates learners' inherent motivation, autonomy and competence mechanisms. The macro-level perspective provided by the theory of policy implementation facilitates comprehension of how policy goals influence local practices and their adaptive responses. The DN-DEE concept links structural enablement and agency through many viewpoints. It comprises two interdependent cycles. The macro-level policy-resource adaptation cycle ensures an equitable framework. Micro-level individual activation cycle entailed learner agency and personal empowerment. Although analytically separate, these cycles dynamically interact and exert impact on one another. This encapsulates the core of the DN-DEE framework.

#### ***Macro-level policy–resource adaptation cycle***

Institutional mechanisms delineate the macro cycle that influences the equitable implementation of DST. Examples of policy support include financial backing, curricular alignment and other measures. The local infrastructure and cultural norms modify the DST tools, educational resources and educator training, which improves teacher digital literacy and student operational proficiency in using technology. Feedback-driven policy optimisation entails utilising implementation outcomes to guide policy modifications or resource reallocation. The alignment between policy design and resource allocation is rooted in structural equity. DN-DEE addresses the “innovation paradox”; in the absence of contextual adaptation, digital advancements exacerbate disparities. This is further supported by the positive link between teachers' professional competences and ICT's instructional implementation (Županić Benić & Kajm Ferčec, 2025).

#### ***Micro-level individual activation cycle***

The mini cycle delineates the motivational and cognitive processes by which DST transforms access into a learning outcome. Students utilise adapted DST instruments and other materials for learning. Self-directed narrative fosters ownership and agency.

Emotional engagement amplifies motivation and promotes learning. Cognitive reconstruction denotes the process by which learners assimilate knowledge. It also entails the application of knowledge and the development of comprehension. Resource optimisation informed by feedback meant that learner reflections guided continuous instructional personalisation. The control–value theory of achievement emotions (Paudel, 2009) posits that emotional resonance may serve as a mediator between motivation and cognition. Consequently, DST operates through dual mechanisms, involving both affective and cognitive processes, to facilitate deeper and fairer learning. Home-based literacy practices can further sustain such motivational and cognitive processes (Lestari, 2025; Yan, 2025).

### ***Cross-level interaction between macro and micro cycles***

A fundamental attribute of DN-DEE is the reciprocal impact that macro-level structural facilitation can have on micro-level learner engagement and vice versa. The macro cycle establishes facilitating conditions, such as offline DST kits or specialised teacher training, to accelerate fair access. Insights from the micro cycle (learner engagement and story quality) are utilised to guide the macro cycle (resource allocation and policy reform). The structural support and learner agency co-evolve within a critical system, manifesting as a bidirectional loop. Consequently, DST transcends classroom activities; it also serves as a mechanism for promoting equity in education.

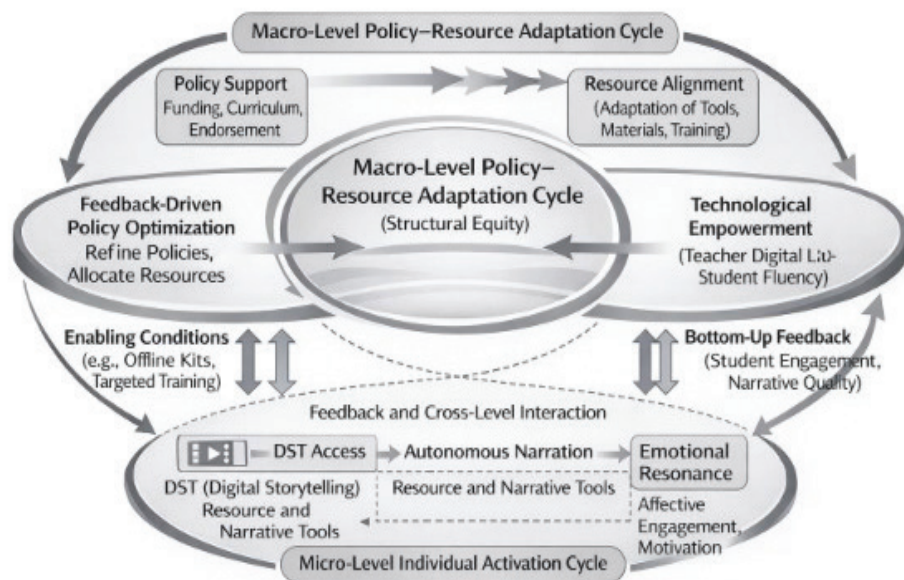


Figure 1. Conceptual Framework of the DN-DEE Dual Activation Model

Note: Macro cycle represents policy–resource adaptation supporting structural equity; micro cycle represents learner activation promoting personal empowerment; bidirectional arrows indicate iterative feedback and cross-level interaction.

Figure 1 illustrates the DN-DEE dual-cycle framework:

Macro Cycle: policy support → resource alignment → technological empowerment → feedback-driven optimization;

Micro Cycle: resource access → autonomous narration → emotional resonance → cognitive reconstruction → feedback-driven personalization;

Bidirectional arrows: indicate cross-level co-evolution.

### **Research hypotheses**

This study tested several hypotheses based on the DN-DEE framework, drawing on existing literature. The primary hypothesis assumed that digital storytelling (DST) would have a positive effect on students' learning outcomes, such as comprehension, writing skills and reflective thinking (Permunian et al., 2024).

Additionally, it was expected that DST would have a more significant impact on low-resource learners, helping to reduce the learning gap between them and their high-resource peers (Mabokela, 2022). This is because DST can provide compensatory benefits to students who face structural disadvantages.

Another hypothesis was that students' learning motivation, followed by emotional engagement, would mediate the effects of DST on their learning outcomes. Research has shown that motivation and emotional engagement are key factors in enhancing learning (Pekrun, 2019; Deci & Ryan, 2012).

The study also hypothesized that gender would influence the impact of DST, with female students likely to experience greater benefits than male students. The reason for this could be generally higher emotional sensitivity and stronger narrative engagement that females display during DST activities (Zarifsanaiey, 2022).

Moreover, the study posited that the digital literacy of teachers would moderate the effectiveness of DST. Teachers with higher digital literacy are expected to facilitate better DST interventions, which leads to improved student learning outcomes (Wu et al., 2022).

Finally, the research examined how the alignment of macro-level policies and resource distribution influences learner activation and equity in educational outcomes. It was assumed that effective policy-resource adaptability is essential for promoting learner engagement and achieving equitable educational results (Hu & Bentler, 1999).

## **Methodology**

### ***Quasi-experimental design and research framework***

This research on digital storytelling employed a pretest/posttest control-group design which utilised propensity score matching (PSM) and difference-in-differences (DID) estimation to assess its impact on educational equity (Smith, 2024). The design enhanced causal inference while isolating the net effect of a DN-DEE-based DST intervention on student learning outcomes. The experimental group (EG, n = 231) engaged in the DN-DEE-aligned DST intervention, which was defined by multimodal

narrative construction, emotional involvement and the utilisation of context-sensitive resources. The control group (CG,  $n = 231$ ) had traditional narrative writing instruction in accordance with the national curriculum specifications, without the utilisation of any DST tools. Employing 1:1 propensity score matching across essential factors such as socio-economic status, previous academic achievement, gender and school resource levels assured baseline equality. The intervention lasted six months (August 2023 to January 2024) and comprised eight primary 45-minute DST classes, accompanied by four consolidation sessions. To assess the duration of the effects, follow-up measurements were conducted after six (T2) and twelve months (T3). To operationalise the macro-level policy-resource adaption cycle, the implementation of DST has been tailored according to the resource conditions of schools, which ensured feasibility, equity and cultural responsiveness.

Table 1  
*DST Implementation Across Resource Contexts*

Resource Context	Sample	DST Tools	Support Mechanisms	Teacher Training
Urban High-Resource (UHR)	128	CapCut Pro 10.0 + Online Media Library	24/7 technical support	2 h online
Urban Low-Resource (ULR)	132	CapCut Basic + Local Media Package	On-site technician (1 per school)	2 h online + 2 h offline
Rural Low-Resource (RLR)	202	CapCut Offline + Customized Local Package (dialect subtitles)	Peer-support groups + monthly field coaching	3 h online + 3 h offline

### **Sample selection and data sources**

Participants were chosen from seven public middle schools in the provinces of Shandong, Henan and Guizhou using a multi-stage stratified sampling method that reflected various resource situations. The final sample of 462 seventh-grade children comprised 128 UHR, 132 ULR and 202 RLR eligible students. To participate in the DST, one had to be in grade 7 for the first time and possess a parental authorisation letter. The institutional review board secured ethical approval, and all procedures adhered to the requirements for educational research. A mixed-methods approach documented both educational outcomes and their underlying causes. Quantitative data was gathered at four intervals: baseline (T0), immediate posttest (T1), six-month follow-up (T2) and twelve-month follow-up (T3). The academic results were evaluated using standardised evaluation instruments for reading comprehension and writing. Assessment scores were evaluated separately by two trained raters, yielding an inter-rater reliability of  $\kappa = 0.91$ . The motivated strategies for the learning questionnaire (MSLQ;  $\alpha = 0.88$ ) was utilised to assess learning motivation. The achievement emotions questionnaire (AEQ;  $\alpha = 0.86$ ) was employed to assess achievement emotions. The digital literacy of teachers was assessed using a 15-item scale designed by researchers ( $\alpha = 0.89$ ). The family socio-economic status, parental education and educational

resources were obtained from the China education panel survey (CEPS, 2022). The qualitative data comprised semi-structured interviews with 32 student couples and 14 educators, together with observations of the classroom setting. Thematic analysis, as articulated by Braun and Clarke (2006), exhibited a robust inter-coder reliability ( $\kappa = 0.89$ ). Multiple imputation ( $m = 5$ ) was employed to address missing data (3.2 %,  $n = 15$ ). A cohort of five specialists evaluated and validated the content of all the instruments.

### ***Analytical strategy and causal inference***

The study utilised propensity score matching (PSM) in conjunction with difference-in-differences (DID) to assess the causal impacts of digital storytelling (DST) on educational results, employing 1:1 nearest-neighbour matching with a calliper of 0.02 to ensure comparability of the baseline. The net treatment impact was assessed using difference-in-differences across time. The resource compensation quantification matrix (RCQM) was designed as a  $3 \times 3$  matrix to assess equity-related compensating effects. The selected resources are infrastructure, digital literacy and instructional support. Additionally, it evaluated the degrees of high, medium and low compensating effects. It enabled a methodical evaluation of how DST mitigates inequities in resource-diverse environments. The research team examined macro-level policy-resource pathways and micro-level motivation-emotion-learning pathways using structural equation modelling (SEM) with AMOS 26.0. The model fit was assessed using  $\chi^2/df$ , CFI, TLI, RMSEA and SRMR (Hu & Bentler, 1999). The Hayes PROCESS macro (Model 6) was employed to examine the sequential mediation in the study. Hierarchical regressions and simple slope analyses were conducted to examine the moderating effects of gender and teacher digital literacy. The results were demonstrated to be robust, and sensitivity analysis was conducted via placebo tests that utilized random treatment assignment, alternative propensity score matching ratios (1:2, 1:3) and heterogeneity analysis across regions and socio-economic subgroups. All analytical tasks were conducted utilising Stata 17.0 and SPSS 28.0.

## **Results**

### ***Propensity score matching and baseline balance***

Prior to matching, the experimental group exhibited statistically significant differences in socio-economic status (SES;  $p = 0.008$ ) and academic achievement ( $p = 0.012$ ) compared to the control group. After implementing one-to-one propensity score matching (PSM), the standardized mean differences for all covariates were reduced below the accepted 10 % threshold (Evans, 2025), and post-matching diagnostics indicated no significant differences between the matched and unmatched samples in terms of gender, SES, baseline learning outcomes or teachers' digital competence ( $p > 0.05$ ). These results suggest that PSM effectively mitigated selection bias and established a robust counterfactual for causal inference.

The difference-in-differences (DID) estimates further indicated that digital storytelling (DST) had a significant positive effect on learning outcomes ( $\beta = 3.52, p < 0.001; f^2 = 0.26$ ), which reflected a substantial effect size (Cohen, 1988) after controlling for covariates and temporal trends. Stratified analyses revealed pronounced compensatory effects, with effect sizes of 0.92 for rural low-resource (RLR) students, 0.68 for urban low-resource (ULR) students and 0.45 for urban high-resource (UHR) students. These results confirm that DST substantially mitigated learning disparities, which reduced the gap by 67.3 % between RLR and UHR students and by 52.8 % between ULR and UHR students, which supported the hypothesized equity-enhancing role of DST.

Table 2  
Net Effects of DST Across Resource Contexts

Group	$\beta$	SE	t	p	d	Compensation (%)
Full sample (n = 462)	3.52	0.61	5.77	< .001	0.65	—
UHR (n = 128)	2.18	0.85	2.56	.011	0.45	—
ULR (n = 132)	3.05	0.72	4.24	< .001	0.68	52.8
RLR (n = 202)	4.26	0.59	7.22	< .001	0.92	67.3

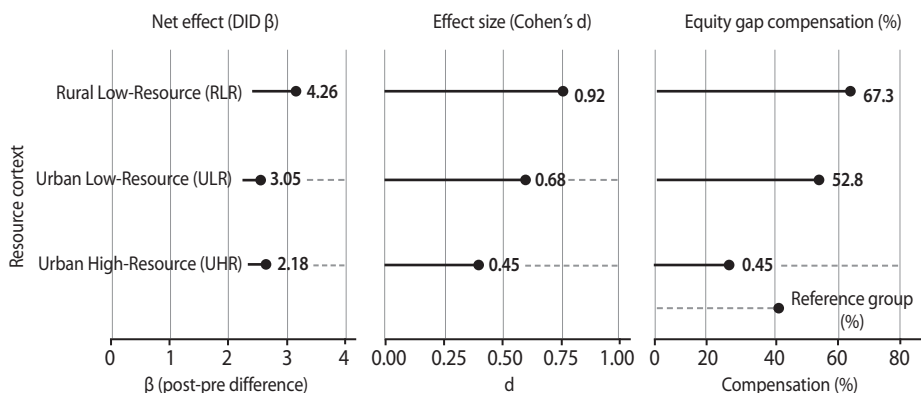


Figure 2. Resource Compensation Profile of Digital Storytelling Across Contexts  
Note: Darker shading indicates higher compensatory effects for low-resource students.

### Mediation and moderation analyses

The sequential mediation analysis using Hayes' PROCESS (Model 6) revealed that DST significantly influenced learning outcomes through a serial pathway from motivation to emotion to learning (indirect effect = 0.83, 95 % CI [0.36, 1.31]), which accounted for 25.5 % of the total effect. Additionally, single-mediator pathways through motivation (0.37) and emotion (0.46) were also significant, which indicated that DST impacted learning via both cognitive-motivational and affective mechanisms. This aligns with evidence that parent-child digital collaboration strengthens learning motivation (Yan, 2025).

Table 3  
Mediation Analysis Results

Pathway	$\beta$	SE	95 % CI	Indirect Effect	% Total Effect
Direct: DST → Learning outcomes	2.69	0.65	[1.42, 3.96]	—	—
DST → Motivation → Learning	0.37	0.16	[0.06, 0.68]	0.37	10.5
DST → Emotion → Learning	0.46	0.19	[0.09, 0.83]	0.46	13.1
DST → Motivation → Emotion → Learning	0.83	0.24	[0.36, 1.31]	0.83	25.5
Total Effect	3.52	0.61	[2.32, 4.72]	3.52	100

Moderation analyses indicated that female students experienced greater learning gains from DST compared to male students (simple slopes: female = 4.71, male = 2.48;  $\beta = 2.23, p = 0.004$ ). In addition, higher teacher digital literacy enhanced the effectiveness of DST, with learning gains of 4.12 for students with highly competent teachers in ICT versus 2.86 for those with teachers of lower ICT competence ( $\beta = 0.03, p = 0.002$ ). These results suggest that both student gender and teacher digital proficiency can moderate the impact of DST on learning outcomes. This result is consistent with research on teachers’ professional competences in ICT-enabled instruction (Županić Benić & Kajm Ferčec, 2025).

Table 4  
Moderation Analysis Results

Moderator	Interaction $\beta$	SE	t	p	Simple Slope (Low)	Simple Slope (High)
Gender (female=1)	2.23	0.85	2.62	.004	2.48 (male)	4.71 (female)
Teacher’s digital literacy	0.03	0.01	2.87	.002	2.86 (low)	4.12 (high)

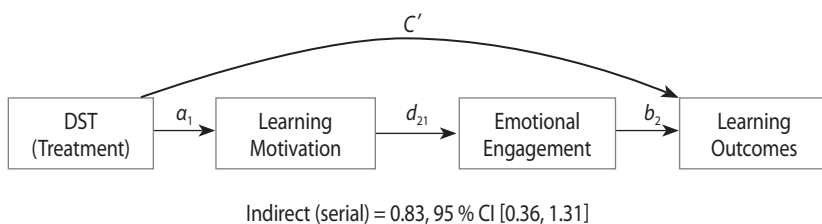


Figure 3. Serial Mediation Pathway That Links Motivation, Emotion and Learning Outcomes

### Validation of the DN-DEE model and longitudinal effects

Structural equation modelling (SEM) demonstrated a strong model fit ( $\chi^2/df = 1.98, CFI = 0.97, RMSEA = 0.042, SRMR = 0.058$ ). Both the macro-level policy–resource cycle and the micro-level learner activation cycle were statistically significant, and the cross-cycle feedback confirmed the reciprocal and dynamic structure of the DN-DEE model, which supported its validity in capturing interactions between structural support and learner engagement over time.

Table 5  
Standardized Path Coefficients of the DN-DEE Model

Path	$\beta$	p
Policy support → Resource alignment	0.62	< .001
Resource alignment → Technological empowerment	0.58	< .001
Resource acquisition → Autonomous narration	0.55	< .001
Autonomous narration → Emotional resonance	0.49	< .001
Emotional resonance → Cognitive reconstruction	0.53	< .001
Resource alignment → Resource acquisition	0.65	< .001
Cognitive reconstruction → Policy support	0.32	.003

Longitudinal analyses showed that learning gains were maintained at the 12-month follow-up (T3), with effect sizes of 0.76 for RLR, 0.59 for ULR and 0.38 for UHR students. These improvements remained statistically significant at both the six-month (T2) and twelve-month (T3) follow-ups ( $p < 0.01$ ), which showed the sustained effectiveness of the DN-DEE-based DST intervention across diverse resource contexts.

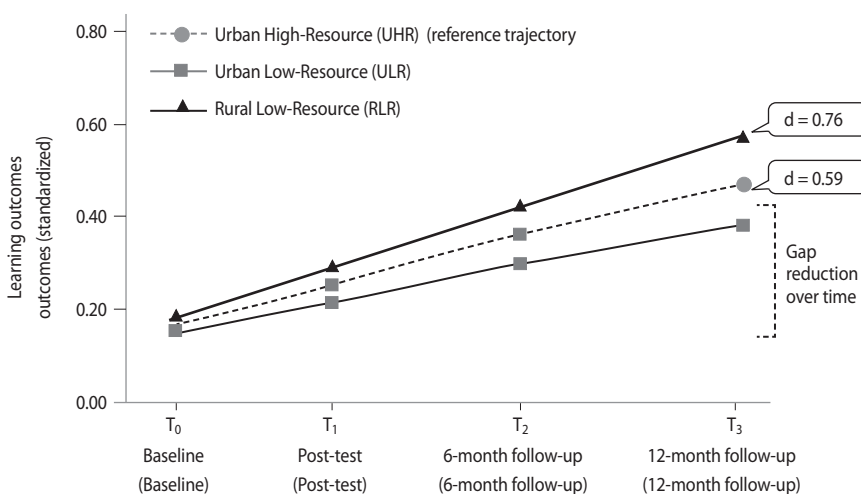
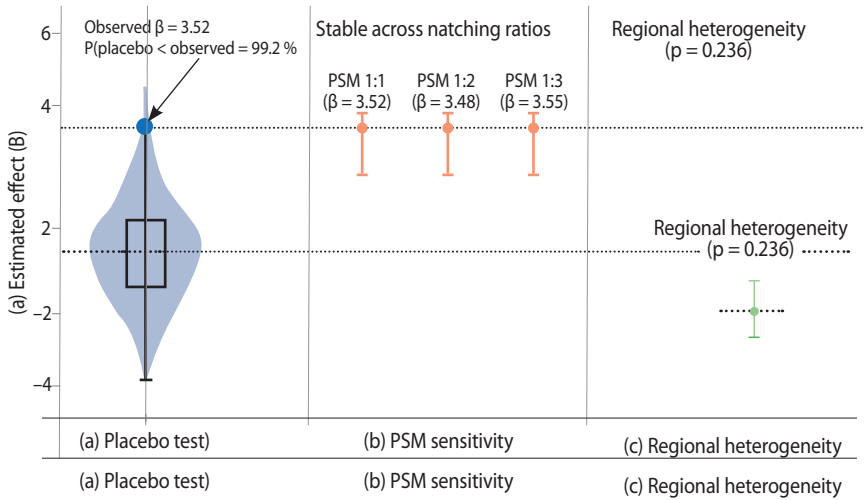


Figure 4. Longitudinal Learning Trajectories of DST Across Resource Contexts (T0-T3)

### Robustness and heterogeneity analyses

Placebo tests with 1,000 randomly assigned treatment labels indicated that 99.2 % of simulated  $\beta$  values were smaller than the observed  $\beta = 3.52$ , ruling out spurious effects. Sensitivity analyses that used alternative PSM ratios (1:2 and 1:3) produced consistent results ( $\beta = 3.48$  and  $\beta = 3.55$ ;  $p < 0.001$ ). Regional heterogeneity analyses showed no significant differences across eastern, central and western provinces ( $p = 0.236$ ), which supported the robustness and broad generalizability of the findings.



Note: Placebo distribution is simulated to match the reported 99.2 % criterion; sensitivity estimates use reported B-values under alternative PSM ratios; regional heterogeneity is summarized as non-significant ( $p = 0.236$ ).

## Discussion

As illustrated in Figures 6 and 7 of Ortega and Lupi (2023), through activating learners at micro-level and resources at macro-level, DST triggers educational equity and a virtuous cycle. The figures strengthen and contribute to the DN-DEE model, which shows how the structural support and learner agency co-evolve to promote better educational outcomes in varying resource contexts.

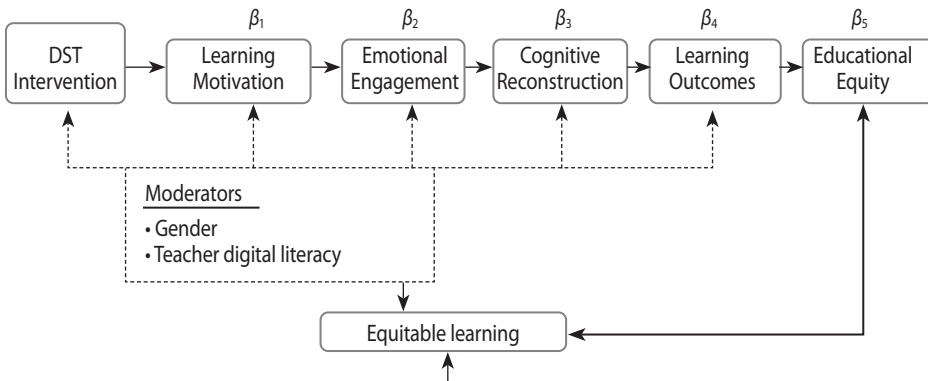


Figure 6. Conceptual Mechanism of DST Effects

The flow diagram of the evaluation intervention includes: motivation, emotional engagement, cognitive reconstruction, learning outcomes and educational equity. Dashed lines represent teacher digital literacy and gender moderators that influence pathways.

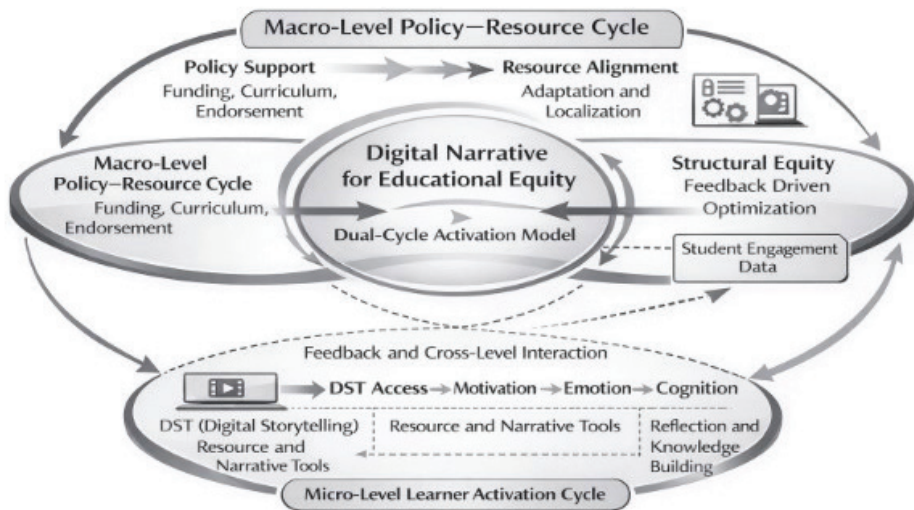


Figure 7. Macro-Micro Interaction in the DN-DEE Model

Schematic image showcases two embedded cycles: macro-level policy-resource-cycle entails policy support, resource alignment, teacher capacity and structural equity; micro-level learner activation cycle entails DST, motivation, emotion, cognition and personal empowerment. The arrows are used to indicate two-way feedback, and colour coding differentiates the macro level from the micro level.

These numbers explain how DST works on both a micro and macro scale. This understanding helps show how it works to create equitable learning outcomes through feedback loops. This is consistent with previous results (Kuhn, 2023; Supovitz et al., 2024) which stressed the need for interventions that are contextualized.

### ***Making use of digital storytelling for social change in education***

The study's results indicate that the DN-DEE model works effectively to improve learning in settings that are poor in resources. Rural, low-resource settings saw dramatic increases in learning, with DST leading to noticeable improvements in engagement and performance, especially among the students. The study aligns with digital inequality theory (Kuhn et al., 2023) that correlated imbalances of resources to educational inequalities. However, the gap can be bridged through the incorporation of the multimedia engagement of DST. Policy alignment combined with resource adaptation makes DST a powerful instrument of educational equity which emotionally and cognitively engages students in areas where conventional instructional approaches fail.

In addition, DST can ease structural disadvantages, and it empowers learners in the process of learning by connecting content/contextualized learning paths to their needs. This assertion is consistent with previous studies that demonstrated how DST can enhance inclusivity and participation, particularly with adequate implementation of culturally responsive teaching (Yingsoon et al., 2025).

### ***Motivational and emotional pathways***

Sequential mediation analyses were used to show that both intrinsic motivation and emotional engagement promote the long-term learning outcomes of DST's. Pekrun (2019) and Deci and Ryan (2012) also found evidence of the importance of emotional and motivational engagement in deep learning. It enables personalized growth and empowers cultural identity, which further makes the learning process task-oriented and self-motivated. The enabled cognitive reconstruction enhances learning outcomes. The results of the study align with those of Bai and Xian (2024), showing how the use of DST improves L2 speaking performance while reducing anxiety, with DST being a useful tool for emotional challenges. According to the study, apart from student motivation, emotional engagement also contributes to cognitive development, which is essential for providing equity in educational outcomes.

### ***Moderating functions of gender and teacher digital literacy***

An intriguing result of this study is that male and female students seem to suffer differently from DST impacts. It has been shown that the learning gain of female students is greater than that of male students, probably due to their greater sensitivity to emotions and the storyline (Zarifसानaiey et al., 2022). Although DST in itself is generally regarded as gender-neutral, this result suggests that some of its more emotional and narrative elements may work more effectively for certain student groups. Females generally get involved in the narratives more than males (Sarica, 2023).

Moreover, the digital literacy of the teachers was another vital moderator impact of DST on E/SS. The ICT competences of teachers enable them to implement DST messages effectively. The importance of teacher training in the successful integration of digital tools in the classroom was highlighted (Wu et al., 2022). When teachers are digitally literate, DST interventions can work effectively in making education more equitable through improving teaching and learning.

### ***The DN-DEE model's theoretical contributions***

The DN-DEE model presents a new perspective on digital equity, viewing it as a co-evolutionary process between macro-policies and the micro-activation of learners. Through the lens of a double cyclic framework, DST analysis enriches the understanding of educational equity as an active relation between dynamic structural support and learner agency, rather than an exogenous allocation (Li & Wang, 2025). Figures 6 and 7 illustrate cross-level feedback loops in which student engagement informs policy choices so that learning is more reflective of students and a responsive process.

This dynamic perspective is aligned with digital inequality theory (Kuhn, 2023), which advocates for intervention mechanisms that address not only access to but also the use of resources. The DN-DEE model thus provides a framework for understanding how educational systems can adapt and evolve in increasing environmental responsiveness, which leads to social and educational equity through the introduction of appropriate technology. Integrating home literacy and teacher competence perspectives further

strengthens its explanatory power (Lestari, 2025; Yan, 2025; Županić Benić & Kajm Ferčec, 2025).

### ***Methodological and practical implications***

The resource compensation quantification matrix (RCQM) developed in this study has applicability for evaluating the equity-related compensatory effects of DST in a variety of educational contexts from a methodological angle. This matrix allows researchers and practitioners to assess how DST can help in disparities in infrastructure, digital literacy and teaching support. It represents a valuable resource for future interventions to enhance education's digital equity.

The study shows why aligning policy, resources and teacher capacity matters for the implementation of DST. To ensure a successful implementation of DST, mere provision of hardware is not enough. A supporting ecosystem comprising teacher training, local content and professional development is essential. Educators may be empowered to progress beyond access dispositions and strive instead for activation dispositions (Faber et al., 2023) through embedding DST in this policy-resource environment. It is necessary to achieve this shift so that digital tools can be effectively used for inclusive learning.

### ***Constraints and the direction of future research***

Despite providing useful insights, there are limitations in this study that have to be considered. The results of the study may not be generalisable to other countries, as it focused on Chinese middle school. Future studies can replicate the DST in different cultural and socio-economic contexts, especially low- and middle-income countries, to see the scalability and adaptability of the proposed DN-DEE model.

Likewise, while the study utilized longitudinal data, future research could implement more sophisticated learning analytics or experience sampling methods to collect real-time data on student engagement. This will give a better understanding of how DST influences learning outcomes.

The integration of AI-enabled decision support tools presents a promising area for future research. Through AI, the learners' content and feedback can be customized. This enhances the personalized effectiveness of DST. According to Roy et al. (2025), the integration of AI should take place cautiously so as not to worsen digital inequalities, especially in low-resource settings.

### ***Summary***

Overall, through the DN-DEE framework, the DST has been proven as a strong tool to promote educational equity. As it can be seen in Figures 6 and 7, contextualization, teacher digital literacy and emotional engagement are important for equitable learning outcomes. This work provides useful insight that can shape the design of inclusive and sustainable digital learning systems by focusing attention on the reciprocal interaction between macro-level policy support and microlevel learner activation.

It is suggested that future research generates a more refined DN-DEE model, investigates the incorporation of AI tools into the framework and examines different educational contexts.

## Conclusion

The DN-DEE model offered in this paper is a dual activation model that empirically validates the contribution of digital storytelling to educational equity. In itself, it offers a framework that will greatly assist our understanding of digital storytelling and educational equity in a variety of resource contexts. The model adds a macro-level policy-resource adaptation cycle and a micro-level learner activation cycle to create a dynamic link between structural conditions and learners' autonomous action. Results show that DST aids the learning outcomes in various educational settings. DST benefits low-resource students the most, which affirms the compensatory effects of DST. Further analyses using sequential mediation indicate that learner motivation and emotional engagement are instrumental in the effectiveness of DST, while teacher digital literacy is central to the impact of DST on learning outcomes. Theoretically, digital learning is seen as evolving and changing according to the context of the DN-DEE model. The interconnection between macro-level policies and micro-level learner processes is examined for the enhancement of these connections, which can be utilized to promote equity in education. The resource compensation quantification matrix (RCQM) can serve as a useful method to assess equity-enhancing interventions, which allows for a deeper understanding than average treatment effects. The study highlighted that DST can be effectively implemented by using contextualized technological switches, content development and teacher training, with an emphasis on low-resource settings. As a result, DST is not only available but also effective in equity. Moving forward, further research can investigate the extension of the DN-DEE framework to different cultural and socio-economic backgrounds. This would examine how developing and integrating AI-enabled decision support tools may reinforce DST's adaptability without digital disparities. It is also recommended for a longitudinal and mixed-method approach to capture the changes in the relationship between policy, resource and learner engagement. All in all, it was found that the DN-DEE model is scalable, sustainable, inclusive, engaging and equitable for digital learning.

## References

- Albakri, M., & Wood-Harper, A. T. (2025). *Digital divide in education*. In *Innovation strategy for the future of teaching and learning: Addressing the digital education paradox* (pp. 61-82). Springer Nature.
- Bangert-Drowns, R. L., Hurley, M. M., & Wilkinson, B. (2004). The effects of school-based writing-to-learn interventions on academic achievement: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 74(1), 29-58.

- Bai, Y., & Xian, H. (2024). Exploring the interplay of digital storytelling, L2 speaking skills, self-regulation, and anxiety in an IELTS preparation course. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-15.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Cen, X., & Shakibaei, G. (2026). Enhancing creative writing through AI-powered co-creation with cognitive and emotional outcomes. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-34416-2>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2012). *Self-determination theory. Handbook of Theories of Social Psychology*, 1(20), 416-436. Sage.
- Dong, D. (2025). Self-determination theory perspectives on the influence of digital learning engagement on motivation in extracurricular learning activities: Considering the mediating role of digital self-efficacy. *Learning and Motivation*, 90, 102135.
- Evans, N. D., Perez, P. C., & Morera, O. F. (2025). Testing the efficacy of educational interventions on matched student samples: A primer for propensity score matching in R. *Journal of STEM Outreach*, 8(1), n1.
- Faber, J. M., Feskens, R., & Visscher, A. J. (2023). A best-evidence meta-analysis of the effects of digital monitoring tools for teachers on student achievement. *School Effectiveness and School Improvement*, 34(2), 169-188.
- Helsper, E. (2021). *The digital disconnect: The social causes and consequences of digital inequalities*. Sage.
- Hu, L. T., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Hu, Y., Nie, J., & Gu, X. (2022). From equity of opportunity to equity of development: A comparative analysis of large-scale online education in urban and rural K-12 schools in China during COVID-19. *Chinese Education & Society*, 55(6), 419-437.
- Irvani, A. I., & Anisah, A. S. (2024). Infrastructure and innovation: Rethinking digital literacy for K-12 Learners. *Sinergi International Journal of Education*, 2(4), 253-264.
- Karim, S., & Hue, M. T. (2022). *Global perspectives and the challenge of inclusive education. In Supporting diverse students in Asian inclusive classrooms*, 3-22. Routledge.
- Kristiawan, D., Ferdiansyah, S., & Picard, M. (2021). *Incorporating local culture into DST for secondary school students*. Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Sidiq.
- Kumar, P. (2024). The influence of education on social stratification and mobility. *International Journal of Social Science Research (IJSSR)*, 1(4), 8-16.
- Kuhn, C., Khoo, S. M., Czerniewicz, L., Lilley, W., Bute, S., Crean, A., Abegglen, S., Burns, T., Sinfield, S., Jandrić, P., Knox, J., & MacKenzie, A. (2023). *Understanding digital inequality: A theoretical kaleidoscope. In Constructing postdigital research: Method and emancipation* (pp. 333-373). Springer Nature.
- Lestari, I. W. (2025). From home to school: A single case study on how parent-initiated literacy practices complement formal education. *Croatian Journal of Education*. <https://hrcak.srce.hr/345134>

- Li, L., & Wang, C. (2025). A dual-cycle peer evaluation model to enhance student feedback literacy: A three-round empirical educational study. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 1-22.
- Mabokela, K. R., Celik, T., & Raborife, M. (2022). Multilingual sentiment analysis for under-resourced languages: A systematic review of the landscape. *IEEE Access*, 11, 15996-16020.
- Miller, D. D., & Wood, E. A. (2020). AI, autonomous machines, and human awareness: Towards shared machine-human contexts in medicine. *Human-Machine Shared Contexts*, 205–220. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820543-3.00010-9>
- Paudel, N. R. (2009). A critical account of policy implementation theories: Status and reconsideration. *Nepalese Journal of Public Policy and Governance*, 25(2), 36-54.
- Pekrun, R. (2018). *Control-value theory: A social-cognitive approach to achievement emotions*. Information Age Publishing.
- Pekrun, R. (2019). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 31(3), 615–645. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9465-5>
- Permuanian, G. (2024). *Comparing traditional and innovative English teaching methods: Examining the impact of textbooks and traditional tests on high school language students compared to DST*. [Doctoral dissertation, Ca Foscari University of Venice].
- Robin, B. R. (2008). Digital storytelling: A powerful technology tool for the 21st-century classroom. *Theory Into Practice*, 47(3), 220–228. <https://doi.org/10.1080/00405840802153916>
- Roy, A. (2025). Revolutionizing digital narratives: The role of semantic web and artificial intelligence in storytelling. *International Journal of Advanced Nano Computing and Analytics*, 4(1), 14-34.
- Sarıca, H. Ç. (2023). Emotions and digital storytelling in the educational context: A systematic review. *Review of Education*, 11(3), e3430.
- Smith, D., Handouyahia, A., Taposh, D., Laliberté, D., Aouli, E., & Njambe, M. G. (2024). *The application of randomized and quasi-experimental designs in federal government program evaluation*. In *Public policy evaluation and analysis: Rethinking the role of government in the post-pandemic labour market* (pp. 69-112). Springer Nature.
- Supovitz, J. A., Hemphill, A. A., Manghani, O., & Watson, C. (2024). Cogs of inequity: How structural inequities impeded school efforts to support students and families at the outbreak of the COVID-19 pandemic. *Equity in Education & Society*, 3(3), 224-239.
- Supovitz, J., Ebby, C., & Collins, G. (2024). Pathways to performance: The experimental impacts of learning trajectory-oriented formative assessment in mathematics. *American Journal of Education*.
- Wu, D., Yang, X., Yang, W., Lu, C., & Li, M. (2022). Effects of teacher-and school-level ICT training on teachers' use of digital educational resources in rural schools in China: A multilevel moderation model. *International Journal of Educational Research*, 111, 101910.
- Yan, Y. (2025). Parent-child cooperation via an interactive educational application: Academic performance and motivation. *Croatian Journal of Education*. <https://hrcak.srce.hr/clanak/482229>

- Yingsoon, G. Y., Suyan, Z., Chua, N. A., & Chen, Y. (2025). *Fostering inclusivity and empowerment: Crafting culturally responsive literacy ecosystems*. In *Teachers' roles and perspectives on AI integration in schools* (pp. 363-392). IGI Global Scientific Publishing.
- Zarifsanaiey, N., Mehrabi, Z., Kashefian-Naeeni, S., & Mustapha, R. (2022). The effects of digital storytelling with group discussion on social and emotional intelligence among female elementary school students. *Cogent Psychology*, 9(1), 2004872.
- Županić Benić, M., & Kajm Ferčec, M. (2025). The relationship between teachers' professional competences and their perspectives on the implementation of ICT in art instruction. *Croatian Journal of Education*, 27(3), 919–955. <https://doi.org/10.15516/cje.v27i3.6555>

---

**Ning An**

University Utara Malaysia, IASDO Institute for Advanced and Intelligent Digital Opportunities  
School of Computing,  
06010 UUM Sintok, Kedah Darul Aman, Malaysia  
[anning148@gmail.com](mailto:anning148@gmail.com)

**Mazida Ahmad**

University Utara Malaysia, School of Computing,  
06010 UUM Sintok, Kedah Darul Aman, Malaysia  
[181916681@qq.com](mailto:181916681@qq.com)

**Huda Ibrahim**

University Utara Malaysia, School of Computing,  
06010 UUM Sintok, Kedah Darul Aman, Malaysia  
[anning321@163.com](mailto:anning321@163.com)

# Digitalno pripovijedanje za obrazovnu jednakost: dokazi iz DN-DEE modela u kineskim školama s različitim razinama resursa

---

## Sažetak

Ovaj rad predstavlja i empirijski potvrđuje model dvostrukoga ciklusa aktivacije digitalnoga narativa za obrazovnu pravednost (DN-DEE), osmišljen kako bi razjasnio ulogu digitalnoga pripovijedanja (DST) u promicanju obrazovne pravednosti u okružjima s neujednačenim resursima. Model DN-DEE integrira makrorazinski ciklus prilagodbe politika i resursa s mikrorazinskim ciklusom aktivacije učenika, povezujući strukturnu podršku s individualnim djelovanjem unutar dinamičkoga koevolucijskog okvira. Kvaziekperimentalni istraživački dizajn, koji je obuhvatio 462 učenika nižih razreda srednje škole iz središnje i zapadne Kine te uključivao uparivanje prema sklonosti, odnosno (propensity score matching) i metode razlike-u-razlikama, uz longitudinalna mjerenja, sekvencijalnu medijacijsku analizu i modeliranje strukturnih jednadžbi (SEM), pokazao je da je DST unaprjeđuje ishode učenja. Nadalje, pokazalo se da je osobito koristio učenicima iz okružja s ograničenim resursima, čime je potvrđen kompenzacijski učinak resursa. Motivacijska i emocionalna uključenost učenika posredovala je učincima DST-a. Isto tako, digitalna pismenost nastavnika moderirala je utjecaj DST-a na ishode učenja. Razvijena je i matrica kvantifikacije kompenzacije resursa (RCQM) radi sustavne procjene resursa u širem kontekstu DST-a, osobito u međukulturnom okružju. Nalazi istraživanja produbljuju teorijsko razumijevanje digitalne obrazovne pravednosti, pružaju reproduktivan metodološki alat za evaluaciju te nude praktične smjernice za oblikovanje obrazovnih politika i nastavnih strategija usmjerenih na učinkovitu obuku digitalnih vještina u okružjima s ograničenim resursima.

**Ključne riječi:** digitalna nejednakost; DN-DEE model dvostrukoga ciklusa aktivacije; matrica kvantifikacije kompenzacije resursa (RCQM); okružja s ograničenim resursima; motivacija učenika; međukulturna prilagodba

## Uvod

### **Globalni izazov digitalnoga jaza i obrazovne jednakosti**

Četvrti cilj održivoga razvoja Ujedinjenih naroda (SDG 4) usmjeren je na osiguravanje uključivoga i pravednoga kvalitetnog obrazovanja te na promicanje mogućnosti cjeloživotnoga učenja za sve. Unatoč provedbi toga cilja, postojeće digitalne nejednakosti i dalje ometaju obrazovnu pravednost u zemljama s niskim i srednjim dohotkom (LMICs). Oko dvije trećine ruralnih škola u tim zemljama nema dostatnu digitalnu infrastrukturu, a gotovo polovica nastavnika u okružjima s ograničenim resursima nema odgovarajuće digitalno-pedagoške kompetencije (Karim, 2022). Pandemija bolesti COVID-19 dodatno je razotkrila trajne sustavne nejednakosti u pristupu informacijskoj tehnologiji, uključenosti učenika i obrazovnim ishodima (Supovitz i sur., 2024).

Digitalna isključenost označava različite razine pristupa komunikacijskim tehnologijama među različitim društvenim skupinama. Nejednakost u obrazovanju ne odnosi se samo na pristup uređajima i internetu, nego i na digitalnu pismenost, pedagogiju i akademska postignuća. Primjerice, tijekom pandemije u Kini je oko 54,1 % ruralnih učenika moglo na vrijeme pohađati *online* nastavu, u usporedbi s 80,1 % učenika u područjima na razini okruga. Takve razlike otežavaju pravedan pristup obrazovanju, istodobno produbljuju društvenu stratifikaciju i produžuju međugeneracijske nejednakosti.

Međunarodni istraživački program sve se više usmjerava na prepoznavanje regionalnih i globalnih pedagoških pristupa koji, korištenjem tehnologije, nastoje smanjiti, a ne dodatno produbiti obrazovne nejednakosti.

### **Potencijal digitalnoga pripovijedanja za unaprjeđenje obrazovne jednakosti**

Digitalno pripovijedanje (DST) integrira narative s vizualnim sadržajima, zvukom, videom i tekстом. Riječ je o obrazovnoj metodologiji koja koristi multimediju za interaktivno prenošenje znanja. Koncept DST-a izvorno se primjenjivao u zajedničkom i građanskom obrazovanju, a sve se više uvodi i u formalno obrazovanje s ciljem poticanja učeničke autonomije, kreativnosti i oblikovanja identiteta (Robin, 2008). Empirijski dokazi potvrđuju prednosti DST-a za kognitivno i emocionalno učenje. Metaanaliza 94 istraživanja pokazala je prosječnu veličinu učinka od  $d = 0,75$  na akademska postignuća, što upućuje na poboljšanja u vještinama čitanja i pisanja (Faber i sur., 2023). Dodatna istraživanja pokazala su da DST povećava motivaciju za učenje, emocionalnu uključenost, komunikacijske sposobnosti i sudjelovanje u nastavi (Bai i sur., 2024).

U suvremenim digitalnim medijskim okružjima DST djeluje kao pedagoški alat usmjeren na čovjeka koji može premostiti razlike u učenju, promicati inkluzivnost i humanizirati obrazovanje potpomognuto tehnologijom. DST je osobito prikladan za promicanje obrazovne pravednosti. Oslanjajući se na životna iskustva učenika,

njihove kulturne identitete i emocionalno izražavanje, DST nudi resursno osjetljive putove uključivanja za učenike u okružjima s ograničenim resursima. Razumijevanje takve pravedne potpore zahtijeva sustavno afirmativno djelovanje koje obuhvaća usklađivanje politika, kontekstualiziranu prilagodbu resursa i kulturno održiv nastavni dizajn. Bez tih preduvjeta DST može ili promijeniti okolnosti nabolje ili pak samo proizvesti nove oblike digitalne stratifikacije.

### ***Istraživačke inovacije i ključni doprinosi***

Unatoč široko rasprostranjenom interesu za problem digitalnoga pripovijedanja, postojeća literatura o toj temi i dalje je znatno nedostatna. Većina istraživanja usmjerena je na mikropsihološke čimbenike, intrinzičnu motivaciju i samoodređenje, a ne na makrorazinske političke i resursne kontekste koji utječu na ishode. Malo je istraživanja koja kvantificiraju kompenzacijske učinke u različitim situacijama. Osim toga, u drugim kontekstima uglavnom se navode prosječni učinci intervencija, što ograničava razumijevanje dobitaka u pogledu obrazovne pravednosti. Brojni postojeći modeli DST-a često polaze od jednoga „standardnoga” obrasca, zanemarujući kontekstualnu raznolikost i kulturnu neutralnost, osobito u okružjima s ograničenim resursima.

Ovaj rad nastoji nadomjestiti te nedostatke predlažući i empirijski potvrđujući model dvostruke aktivacije digitalnoga narativa za obrazovnu pravednost (DN-DEE). Taj model povezuje makrorazinski ciklus prilagodbe politika i resursa s mikrorazinskim ciklusom aktivacije učenika. Na taj se način strukturna podrška povezuje s osobnom autonomijom. Ova paradigma nastoji redefinirati obrazovnu pravednost kao trajni koevolucijski proces, a ne kao puku raspodjelu resursa.

Matrica kvantifikacije kompenzacije resursa (RCQM), razvijena u ovom istraživanju, poslužila je kao metodološki alat za mjerenje utjecaja osposobljavanja za digitalne vještine (DiST) u ublažavanju razlika u infrastrukturnoj opremljenosti, digitalnoj pismenosti i obrazovanju. Analiza koja koristi uparivanje prema sklonosti (PSM) i procjene metodom razlike-u-razlikama (DID) unutar kvaziekperimentalnoga okvira omogućuje precizniju procjenu ishoda usmjerenih na obrazovnu pravednost. Istraživanje također uvodi okvir za međukulturnu prilagodbu DST-a, koji predlaže niz tehnoloških rješenja, razvoj lokalno prilagođenih sadržaja (poput naracije na dijalektu i *offline* medijskih paketa) te kontinuirano stručno usavršavanje nastavnika. Ti elementi povećavaju skalabilnost, kulturnu relevantnost i održivost obrazovnih praksi u okružjima s ograničenim resursima.

### ***Istraživački ciljevi i struktura***

Cilj ovoga istraživanja bio je ispitati kako digitalno pripovijedanje (DST) može promicati obrazovnu pravednost u heterogenim resursnim kontekstima primjenom modela DN-DEE. Konkretnije, istraživanje je analiziralo kako DST potiče pravednost putem međudjelovanja političke potpore, prilagodbe resursa i aktivacije učenika, kao i njegove diferencijalne i kompenzacijske učinke u kontekstima s visokim i niskim razinama resursa.

Osim toga, istraživanje je razvilo i validiralo matricu kvantifikacije kompetencije resursa (RCQM) te predložilo okvir međukulturne prilagodbe DST-a prikladan za okruženja s ograničenim resursima.

## **Pregled literature**

### ***Obrazovni učinci digitalnoga pripovijedanja***

Digitalno pripovijedanje (DST) prihvaćeno je kao multimodalni pedagoški pristup u različitim obrazovnim kontekstima, uključujući jezičnu nastavu, znanstvenu komunikaciju i interdisciplinarno učenje. Koristeći različite modalitete, poput tekstualnih, vizualnih i auditivnih oblika, DST može unaprijediti kognitivni razvoj te poticati kreativnost, identitet i autonomiju učenika.

Istraživanja pokazuju da digitalno pripovijedanje značajno utječe na kognitivne i emocionalne funkcije. Metaanaliza 94 istraživanja pokazala je ukupnu veličinu učinka od  $d = 0,75$  za akademsku uspješnost, što upućuje na poboljšanja u razumijevanju pročitanoga, pisanju i kritičkoj refleksiji (Bangert-Drowns i sur., 2024). Istraživanja na koja se oslanja ovaj rad pokazuju da DST može poboljšati motivaciju učenika za učenje, emocionalnu uključenost, komunikacijsku kompetenciju i sudjelovanje u nastavi (Bai i sur., 2024).

Ipak, većina dosadašnjih istraživanja usmjerena je na mikrorazinske psihološke ishode DST-a, poput angažmana, intrinzične motivacije i samoefikasnosti. Pritom su institucionalne i strukturne dimenzije DST-a uglavnom zanemarene. Razlike u političkoj potpori, resursima i kompetenciji provedbe na razini škole predstavljaju važne posrednike učinaka DST-a te naglašavaju potrebu za teorijskim okvirima koji povezuju procese usmjerene na učenika s drugim sastavnicama obrazovnoga ekosustava na makrorazini.

### ***Kontekstualne i međukulturalne varijacije u učinkovitosti DST-a***

Učinkovitost digitalnoga pripovijedanja ovisi o kontekstu. Jedna metaanaliza pokazuje snažniji učinak u okruženjima s brojnijim resursima, s vrijednošću od 0,61, u usporedbi s 0,34 u zemljama s niskim i srednjim dohotkom (LMIC), što upućuje na moderirajući utjecaj infrastrukture i resursa (Bangert-Drowns i sur., 2024). Kulturni kontekst također utječe na angažman. U individualističkim kulturama naglasak se stavlja na osobno izražavanje i inovaciju. Nasuprot tomu, u kolektivističkim kulturama, poput istočnoazijskih, učenici obično više ističu kooperativno i suradničko pripovijedanje, kao i zajedničko značenje i društvenu uključenost (Kristiawan i sur., 2021). Zarifsanaiey i sur. (2022) pokazali su da učenice općenito iskazuju veću osjetljivost na narative i višu razinu emocionalne uključenosti u odnosu na učenike. Ovi nalazi upućuju na potrebu da se kultura, kontekst i obilježja učenika uključe u oblikovanje i vrednovanje modela digitalnoga pripovijedanja.

### ***Teorija digitalne nejednakosti i mehanizmi obrazovne jednakosti***

Teorija digitalne nejednakosti objašnjava kako uporaba digitalnih tehnologija može ili promicati ili ograničavati jednakost. Albakri (2025) tvrdi da digitalnu nejednakost

obilježava trostupanjnska, odnosno hijerarhijska struktura. Ona obuhvaća nejednakosti u pristupu tehnologiji, zatim razlike u vještinama i načinu korištenja, dok treću razinu čine obrazovni i profesionalni učinci tih razlika. Te tri razine dinamično međudjeluju i produbljuju deficit u učenju. Primjerice, tijekom pandemije bolesti COVID-19 u Kini oko 1,4 % učenika u područjima na razini okruga nije moglo pristupiti *online* nastavi, u usporedbi s 11,5 % ruralnih učenika (Hu i sur., 2022). To se pripisuje čimbenicima poput infrastrukture, digitalne pismenosti, kvalitete obrazovanja i pedagogije (Irvani, 2024). Kako nejednakost prelazi iz razine pristupa u razinu posljedica, postaje jasno da samo osiguravanje hardverske opreme nije dovoljno. Danas je sve očitiije da obrazovna pravednost ovisi o učinkovitoj uporabi digitalnih resursa radi poticanja smislenoga i transformativnoga učenja. Obrazovno usmjereni teorijski okviri, poput digitalnoga pripovijedanja (DST), moraju biti namjerno oblikovani kako bi jamčili pravednost u učenju, a ne samo jednakost u sudjelovanju.

### **Digitalno pripovijedanje potpomognuto umjetnom inteligencijom: prilike i izazovi**

Jedno istraživanje (Roy i sur., 2025) pokazalo je da je učinkovitost oblikovanja priče povećana za približno 40 %. Prema tome, umjetna inteligencija (AI) može unaprijediti DST time što ga čini personaliziranijim, strukturiranijim i učinkovitijim. Prema Cen i sur. (2026), AI-DST platforme poput StoryPrompta olakšavaju zajedničko stvaranje sadržaja među učenicima i poboljšavaju pismenost. Ipak, unatoč pomoći umjetne inteligencije, ti sustavi i dalje zahtijevaju znatne resurse, uključujući pouzdan pristup internetu, naprednu tehnologiju i visoku razinu digitalne pismenosti, što često nedostaje u okružjima s ograničenim resursima ili u višejezičnim sredinama. Osim toga, AI sustavi mogu biti ograničeni zbog kulturnih i jezičnih čimbenika ugrađenih u njihove modele. Koevolucija kulture i tehnologije zahtijeva učinkovitu prilagodljivost. AI-DST u zapadnim kontekstima naglašava individualnu kreativnost, dok u kolektivističkim kontekstima učenici daju prednost suradnji i kolektivnom autorstvu (Miller i sur., 2020). Stoga je nužna kulturno reflektivna i resursno osviještena integracija umjetne inteligencije u tehnologije potpore odlučivanju. Okvir CADLI zagovara preoblikovanje nastavnih pretpostavki, uloga učenika i sustava vrijednosti, a ne samo puko prevođenje sadržaja.

### **Istraživačke praznine i teorijska ograničenja**

Pregled literature upućuje na postojanje triju glavnih praznina. Prvo, nedovoljno se naglašava međudjelovanje psiholoških procesa na mikrorazini i političkih dinamika na makrorazini. Drugo, metodološki nedostaci očituju se u tome što su istraživački nacrti često presječni ili temeljeni na usporedbi prije i poslije intervencije, što ograničava mogućnost kauzalnoga zaključivanja. Malo je istraživanja primijenilo kvaziekperimentalni pristup, primjerice uparivanje prema sklonosti (*propensity score matching*) u kombinaciji s metodom razlike-u-razlikama (*difference-in-differences*). Praktični nedostaci tih intervencija proizlaze iz činjenice da se uglavnom temelje

na unaprijed zadanim modelima koji se primjenjuju u posve različitim kontekstima. U okružjima s ograničenim resursima posebno nedostaju skalabilni i kulturno prilagodljivi okviri. Nadalje, uloga kućnih praksi pismenosti i profesionalnih kompetencija nastavnika u provedbi digitalnoga narativa još uvijek je nedovoljno istražena (Lestari, 2025; Yan, 2025; Županić Benić i Kajm Ferčec, 2025).

### **Sažetak i istraživačko pozicioniranje**

Ovaj rad predlaže i empirijski vrednuje model dvostrukoga ciklusa aktivacije digitalnoga narativa za obrazovnu pravednost (DN-DEE), koji povezuje makrorazinsku prilagodljivost politika i resursa s mikrorazinskom aktivacijom učenika. Takva dinamička perspektiva omogućuje djelotvornu analizu DST-a kao funkcionalnoga sustava koji promiče obrazovnu pravednost u različitim resursnim kontekstima. RCQM operacionalizira i mjeri uključivu učinkovitost DST-a na temelju njegovih učinaka. Zajedno, ovi okviri smještaju istraživanje na sjecište digitalne pedagogije, obrazovne pravednosti i inovacija vođenih obrazovnim politikama te pružaju teorijske uvide i praktičnu potporu za pravednu digitalnu transformaciju učenja.

## **Teorijski model i istraživačke hipoteze**

### ***Teorijski temelji DN-DEE modela dvostrukoga ciklusa aktivacije***

Model dvostrukoga ciklusa aktivacije digitalnoga narativa za obrazovnu pravednost (DN-DEE) izgrađen je na teoriji digitalne nejednakosti Li (2025), teoriji samoodređenja Decija (2012) i teoriji provedbe politika Paudela (2009). Promatranje obrazovne pravednosti u digitalnom učenju iz višedimenzionalne perspektive pokazuje da je riječ o dinamičnom, koevolucijskom procesu. Makrorazinske politike i resursni ekosustavi koji podupiru pravedno sudjelovanje mogu stvoriti uvjete koji omogućuju uključivanje, dok mikrorazinska angažiranost učenika može pristupačnost pretvoriti u smisleno iskustvo učenja. Uvidi proizašli iz iskustava na mikrorazini mogu trajno usavršavati makrorazinske politike i postupke, čineći ih osjetljivijima na potrebe učenika. Teorija digitalne nejednakosti objašnjava kako strukturne razlike u pristupu, vještinama i ishodima oblikuju obrazovne mogućnosti. Teorija samoodređenja objašnjava kako DST aktivira unutarnju motivaciju učenika, njihovu autonomiju i mehanizme kompetencije. Makrorazinsku perspektivu pruža teorija provedbe politika, koja pomaže razumjeti kako ciljevi politika utječu na lokalne prakse i njihove prilagodljive odgovore. Koncept DN-DEE povezuje strukturno osnaživanje i individualno djelovanje iz više perspektiva. Sastoji se od dvaju međusobno ovisnih ciklusa. Makrorazinski ciklus prilagodbe politika i resursa osigurava pravedan okvir, dok se mikrorazinski ciklus individualne aktivacije odnosi na učeničku agenciju i osobno osnaživanje. Iako su analitički odvojeni, ti ciklusi dinamički međudjeluju i uzajamno se oblikuju. Upravo to čini srž DN-DEE okvira.

### ***Makrorazinski ciklus prilagodbe politike i resursa***

Institucionalni mehanizmi definiraju makrociklus koji utječe na pravednu provedbu DST-a. Primjeri političke potpore uključuju financijsku podršku, usklađivanje kurikula

i druge mjere. Lokalna infrastruktura i kulturne norme oblikuju prilagodbu DST alata, obrazovnih resursa i osposobljavanja nastavnika, čime se unaprjeđuje digitalna pismenost nastavnika i operativna sposobnost učenika za korištenje tehnologije. Optimizacija politika vođena povratnim informacijama podrazumijeva korištenje rezultata provedbe kao temelja za prilagodbu politika ili preraspodjelu resursa. Usklađenost između oblikovanja politika i raspodjele resursa ukorijenjena je u strukturnoj pravednosti. DN-DEE odgovara na „paradoks inovacije”: bez kontekstualne prilagodbe digitalne inovacije mogu dodatno produbiti nejednakosti. To dodatno potvrđuje pozitivna povezanost između profesionalnih kompetencija nastavnika i nastavne primjene informacijsko-komunikacijskih tehnologija (Županić Benić i Kajm Ferčec, 2025).

### **Mikroravenski ciklus individualne aktivacije**

Mikrociklus opisuje motivacijske i kognitivne procese putem kojih DST pretvara pristup u konkretan ishod učenja. Učenici se u učenju koriste prilagođenim DST alatima i drugim materijalima. Samousmjerenom pripovijedanje potiče osjećaj vlasništva i osobne agencije. Emocionalna uključenost pojačava motivaciju i podupire učenje. Kognitivna rekonstrukcija označava proces kojim učenici usvajaju znanje. Ona također uključuje primjenu znanja i razvoj razumijevanja. Optimizacija resursa utemeljena na povratnim informacijama znači da refleksije učenika usmjeravaju trajnu personalizaciju nastave. Teorija kontrole i vrijednosti emocija postignuća (Paudel, 2009) pretpostavlja da emocionalna rezonancija može djelovati kao posrednik između motivacije i kognicije. Stoga DST djeluje putem dvostrukih mehanizama, afektivne i kognitivne procese, kako bi omogućio dublje i pravednije učenje. Obiteljske pismene prakse mogu dodatno poduprijeti takve motivacijske i kognitivne procese (Lestari, 2025; Yan, 2025).

### **Unakrsna interakcija između makro i mikrociklusa**

Osnovna karakteristika DN-DEE modela jest uzajamni utjecaj koji makroravenska strukturna podrška ima na mikroravensko angažiranje učenika, kao i obrnuto. Makrociklus uspostavlja omogućujuće uvjete – poput *offline* DST paketa ili specijalizirane obuke nastavnika – kako bi ubrzao pravičan pristup.

Uviđeni iz mikrociklusa (angažiranje učenika i kvaliteta naracije) koriste se za usmjeravanje makrociklusa (alokacija resursa i politička reforma). Strukturna podrška i agencija učenika koevoluiraju unutar dinamičkoga sustava, manifestirajući se kao dvosmjerna petlja.

Stoga DST nadmašuje aktivnosti u učionici služeći također kao mehanizam za promicanje obrazovne pravičnosti.

Slika 1 ilustrira DN-DEE dvostruki ciklusni okvir, prikazujući:

Makrociklus: politička podrška → usklađenost resursa → tehnološko osnaživanje → optimizacija vođena povratnim informacijama

Mikrociklus: pristup resursima → autonomna naracija → emocionalni rezonans → kognitivna rekonstrukcija → personalizacija vođena povratnim informacijama

Dvosmjerne strelice: ukazuju na unakrsnu koevoluciju razina.

Slika 1.

### **Istraživačke hipoteze**

Ovim istraživanjem testiralo se nekoliko hipoteza utemeljenih na okviru DN-DEE, oslanjajući se na postojeću literaturu. Primarna hipoteza polazila je od pretpostavke da će digitalno pripovijedanje (DST) imati pozitivan učinak na ishode učenja učenika, kao što su razumijevanje, vještine pisanja i reflektivno mišljenje (Permurian i sur., 2024).

Dodatno se očekivalo da će DST imati izraženiji učinak na učenike iz okružja s ograničenim resursima, pridonoseći smanjenju jaza u učenju između njih i njihovih vršnjaka iz sredina bogatija resursima (Mabokela, 2022). To se objašnjava činjenicom da DST može pružiti kompenzacijske koristi učenicima koji se suočavaju sa strukturnim nepovoljnim uvjetima.

Sljedeća hipoteza bila je da će motivacija učenika za učenje, a zatim i emocionalna uključenost, posredovati učinke DST-a na njihove ishode učenja. Istraživanja pokazuju da su motivacija i emocionalna uključenost ključni čimbenici u unaprjeđenju učenja (Pekrun, 2019; Deci i Ryan, 2012).

Istraživanje je također pretpostavilo da će spol utjecati na učinak DST-a, pri čemu se očekivalo da će učenice imati veće koristi od učenika. Razlog tomu može biti općenito veća emocionalna osjetljivost i snažnija narativna uključenost koju učenice pokazuju tijekom aktivnosti digitalnoga pripovijedanja (Zarifsanaiey, 2022).

Nadalje, istraživanje je pretpostavilo da će digitalna pismenost nastavnika moderirati učinkovitost DST-a. Očekuje se da će nastavnici s višom razinom digitalne pismenosti uspješnije provoditi DST intervencije, što će rezultirati boljim ishodima učenja učenika (Wu I sur., 2022).

Naposljetku, istraživanjem se ispitalo kako usklađenost makrorazinskih politika i raspodjele resursa utječe na aktivaciju učenika i pravednost obrazovnih ishoda. Polazilo se od pretpostavke da je učinkovita prilagodljivost politika i resursa ključna za poticanje angažmana učenika i postizanje pravednih obrazovnih rezultata (Hu i Bentler, 1999).

## **Metodologija**

### **Kvaziekperimentalni dizajn i istraživački okvir**

U ovome istraživanju o digitalnom pripovijedanju primijenjen je nacrt s eksperimentalnom i kontrolnom skupinom te mjerenjima prije i poslije intervencije, pri čemu su korišteni uparivanje prema sklonosti (*propensity score matching*, PSM) i procjena metodom razlike-u-razlikama (*difference-in-differences*, DID) kako bi se procijenio njegov učinak na obrazovnu pravednost (Smith, 2024). Takav istraživački nacrt ojačao je mogućnost kauzalnoga zaključivanja te istodobno izdvojio neto učinak DST intervencije utemeljene na modelu DN-DEE na ishode učenja učenika. Eksperimentalna skupina (EG, n = 231) sudjelovala je u DST intervenciji usklađenoj s modelom DN-DEE, koju su obilježavali multimodalna narativna konstrukcija, emocionalna uključenost i uporaba resursa osjetljivih na kontekst. Kontrolna skupina

(CG,  $n = 231$ ) pohađala je tradicionalnu nastavu narativnoga pisanja u skladu s odredbama nacionalnoga kurikula, bez primjene bilo kakvih DST alata. Primjena uparivanja prema sklonosti u omjeru 1:1 na temelju ključnih čimbenika, kao što su socioekonomski status, prethodno akademsko postignuće, spol i razina resursa škole, osigurala je početnu usporedivost skupina. Intervencija je trajala šest mjeseci (od kolovoza 2023. do siječnja 2024.) i obuhvaćala je osam osnovnih 45-minutnih sati DST-a, uz četiri dodatne konsolidacijske sesije. Kako bi se procijenilo trajanje učinaka, naknadna mjerenja provedena su nakon šest mjeseci (T2) i nakon dvanaest mjeseci (T3). Radi operacionalizacije makrorazinskoga ciklusa prilagodbe politika i resursa, provedba DST-a prilagođena je resursnim uvjetima škola, čime su osigurani izvedivost, pravednost i kulturna osjetljivost.

Tablica 1

### **Odabir uzorka i izvori podataka**

Sudionici su odabrani iz sedam javnih srednjih škola u pokrajinama Shandong, Henan i Guizhou primjenom višestupanjske s: stratificirane metode uzorkovanja koja je odražavala različite resursne uvjete. Konačni uzorak od 462 učenika sedmoga razreda obuhvaćao je 128 učenika iz urbanih sredina s visokim resursima (UHR), 132 učenika iz urbanih sredina s niskim resursima (ULR) i 202 učenika iz ruralnih sredina s niskim resursima (RLR). Da bi sudjelovali u DST programu, učenici su morali prvi put pohađati sedmi razred i imati pismeno odobrenje roditelja. Etičko odobrenje pribavio je institucionalni etički odbor, a svi postupci bili su usklađeni sa zahtjevima obrazovnih istraživanja.

Primijenjen je mješoviti metodološki pristup kako bi se dokumentirali i obrazovni ishodi i njihovi temeljni uzroci. Kvantitativni podatci prikupljeni su u četirima vremenskim točkama: na početku istraživanja (T0), neposredno nakon intervencije (T1), nakon šest mjeseci praćenja (T2) i nakon dvanaest mjeseci praćenja (T3). Akademski ishodi procjenjivani su standardiziranim instrumentima za vrednovanje razumijevanja pročitana i pisanja. Rezultate su neovisno ocjenjivala dva obučena procjenjivača, pri čemu je međuprocjenjivačka pouzdanost iznosila  $\kappa = 0,91$ . Za procjenu motivacije za učenje korišten je Upitnik motiviranih strategija za učenje (MSLQ;  $\alpha = 0,88$ ). Za procjenu emocija povezanih s postignućem korišten je Upitnik o emocijama povezanim s postignućem (AEQ;  $\alpha = 0,86$ ). Digitalna pismenost nastavnika procijenjena je pomoću ljestvice od 15 čestica koju su izradili istraživači ( $\alpha = 0,89$ ). Podatci o obiteljskom socioekonomskom statusu, obrazovanju roditelja i obrazovnim resursima preuzeti su iz China Education Panel Survey (CEPS, 2022).

Kvalitativni podatci obuhvaćali su polustrukturirane intervjuje s 32 para učenika i 14 nastavnika, zajedno s promatranjima učioničkoga okružja. Tematska analiza, prema pristupu Brauna i Clarkea (2006), pokazala je visoku međukodersku pouzdanost ( $\kappa = 0,89$ ). Za rješavanje problema nedostajućih podataka (3,2 %,  $n = 15$ ) primijenjena je višestruka imputacija ( $m = 5$ ). Skupina od pet stručnjaka procijenila je i validirala sadržaj svih instrumenata.

## **Analička strategija i uzročno zaključivanje**

Istraživanje je primijenilo uparivanje prema sklonosti (*propensity score matching*, PSM) u kombinaciji s metodom razlike-u-razlikama (*difference-in-differences*, DID) kako bi se procijenili uzročni učinci digitalnoga pripovijedanja (DST) na obrazovne ishode, pri čemu je korišteno uparivanje najbližega susjeda u omjeru 1:1 s kaliperom od 0,02 kako bi se osigurala početna usporedivost skupina. Neto učinak intervencije procijenjen je metodom razlike-u-razlikama tijekom vremena.

Matrica kvantifikacije kompenzacije resursa (RCQM) osmišljena je kao matrica  $3 \times 3$  za procjenu kompenzacijskih učinaka povezanih s obrazovnom pravednošću. Odabrane dimenzije resursa uključivale su infrastrukturu, digitalnu pismenost i nastavnu podršku. Osim toga, matrica je procjenjivala stupnjeve visokoga, srednjega i niskoga kompenzacijskog učinka. Time je omogućena sustavna procjena načina na koji DST ublažava nejednakosti u okruženjima s različitim razinama resursa.

Istraživački tim ispitao je makrorazinske putanje politika i resursa te mikrorazinske putanje motivacije, emocija i učenja primjenom modeliranja strukturnih jednadžbi (SEM) u programu AMOS 26.0. Prilagođenost modela procijenjena je pomoću pokazatelja  $\chi^2/df$ , CFI, TLI, RMSEA i SRMR (Hu i Bentler, 1999). Za ispitivanje sekvencijalne medijacije korišten je Hayesov PROCESS makro (Model 6). Hijerarhijske regresijske analize i analize jednostavnih nagiba provedene su kako bi se ispitali moderirajući učinci spola i digitalne pismenosti nastavnika.

Rezultati su potvrđeni kao robusni, a analiza osjetljivosti provedena je placebo testovima koji su uključivali nasumičnu dodjelu tretmana, alternativne omjere uparivanja prema sklonosti (1:2, 1:3) i analizu heterogenosti među regijama i socioekonomskim podskupinama. Sve analitičke obrade provedene su u programima Stata 17.0 i SPSS 28.0.

## **Rezultati**

### ***Uspoređivanje sklonosnih ocjena i ravnoteža u izvornoj razini***

Prije uparivanja eksperimentalna skupina pokazivala je statistički značajne razlike u socioekonomskom statusu (SES;  $p = 0,008$ ) i akademskom postignuću ( $p = 0,012$ ) u odnosu na kontrolnu skupinu. Nakon provedbe uparivanja prema sklonosti jedan-na-jedan (PSM), standardizirane srednje razlike za sve kovarijate smanjene su ispod prihvaćenoga praga od 10 % (Evans, 2025), a dijagnostika nakon uparivanja nije pokazala značajne razlike između uparenih i neuparenih uzoraka s obzirom na spol, SES, početne ishode učenja ili digitalne kompetencije nastavnika ( $p > 0,05$ ). Ovi rezultati upućuju na to da je PSM učinkovito ublažio selekcijsku pristranost i uspostavio čvrstu kontrafaktualnu osnovu za kauzalno zaključivanje.

Procjene dobivene metodom razlike-u-razlikama (DID) dodatno su pokazale da je digitalno pripovijedanje (DST) imalo značajan pozitivan učinak na ishode učenja ( $\beta = 3,52$ ,  $p < 0,001$ ;  $f^2 = 0,26$ ), što upućuje na znatnu veličinu učinka (Cohen, 1988) nakon kontrole kovarijata i vremenskih trendova. Stratificirane analize pokazale su izražene kompenzacijske učinke, pri čemu su veličine učinka iznosile 0,92 za učenike

iz ruralnih sredina s niskim resursima (RLR), 0,68 za učenike iz urbanih sredina s niskim resursima (ULR) i 0,45 za učenike iz urbanih sredina s visokim resursima (UHR). Ovi nalazi potvrđuju da je DST znatno ublažio razlike u učenju, smanjivši jaz za 67,3 % između učenika iz RLR i UHR skupina te za 52,8 % između učenika iz ULR i UHR skupina, čime je potvrđena pretpostavljena uloga DST-a u unaprjeđenju obrazovne pravednosti.

Tablica 2

Slika 2.

### **Analize medijacije i moderacije**

Sekvencijalna medijacijska analiza provedena primjenom Hayesova PROCESS makroa (Model 6) pokazala je da je DST značajno utjecao na ishode učenja pomoću serijskoga puta od motivacije preko emocija do učenja (neizravni učinak = 0,83; 95 % CI [0,36, 1,31]), što je činilo 25,5 % ukupnoga učinka. Osim toga, i putovi s pojedinačnim medijatorom preko motivacije (0,37) i emocija (0,46) također su bili statistički značajni, što upućuje na to da je DST utjecao na učenje i putem kognitivno-motivacijskih i putem afektivnih mehanizama. To je u skladu s dokazima da digitalna suradnja između roditelja i djece jača motivaciju za učenje (Yan, 2025).

Tablica 3

Analize moderacije pokazale su da su učenice ostvarile veće dobitke u učenju zahvaljujući DST-u u usporedbi s učenicima (jednostavni nagibi: učenice = 4,71, učenici = 2,48;  $\beta = 2,23$ ,  $p = 0,004$ ). Osim toga, viša razina digitalne pismenosti nastavnika povećala je učinkovitost DST-a, pri čemu su dobitci u učenju iznosili 4,12 među učenicima čiji su nastavnici imali visoku razinu kompetencija u području IKT-a, naspram 2,86 među učenicima čiji su nastavnici imali nižu razinu IKT kompetencija ( $\beta = 0,03$ ,  $p = 0,002$ ). Ovi nalazi upućuju na to da i spol učenika i digitalna kompetentnost nastavnika mogu moderirati utjecaj DST-a na ishode učenja. Taj je nalaz u skladu s istraživanjima o profesionalnim kompetencijama nastavnika u nastavi podržanoj informacijskim i komunikacijskim tehnologijama (Županić Benić i Kajm Ferčec, 2025).

Tablica 4

Slika 3.

### **Validacija DN-DEE modela i longitudinalni učinci**

Modeliranje strukturnih jednadžbi (SEM) pokazalo je dobru prilagođenost modela podacima ( $\chi^2/df = 1,98$ , CFI = 0,97, RMSEA = 0,042, SRMR = 0,058). I makrorazinski ciklus politika i resursa i mikrorazinski ciklus aktivacije učenika bili su statistički značajni, a međucikličke povratne veze potvrdile su recipročnu i dinamičnu strukturu modela DN-DEE, čime je potvrđena njegova valjanost u prikazivanju interakcija između strukturne potpore i angažmana učenika tijekom vremena.

## Tablica 5

Longitudinalne analize pokazale su da su dobitci u učenju održani i pri praćenju nakon 12 mjeseci (T3), pri čemu su veličine učinka iznosile 0,76 za učenike iz ruralnih sredina s niskim resursima (RLR), 0,59 za učenike iz urbanih sredina s niskim resursima (ULR) i 0,38 za učenike iz urbanih sredina s visokim resursima (UHR). Ta su poboljšanja ostala statistički značajna i nakon šest mjeseci (T2) i nakon dvanaest mjeseci (T3) praćenja ( $p < 0,01$ ), što potvrđuje trajnu učinkovitost DST intervencije utemeljene na modelu DN-DEE u različitim resursnim kontekstima.

*Slika 4.*

### **Analize robusnosti i heterogenosti**

Placebo testovi s 1.000 nasumično dodijeljenih oznaka tretmana pokazali su da je 99,2 % simuliranih  $\beta$  vrijednosti bilo manje od opažene vrijednosti  $\beta = 3,52$ , čime su isključeni slučajni odnosno prividni učinci. Analize osjetljivosti, u kojima su korišteni alternativni omjeri uparivanja prema sklonosti (PSM) od 1:2 i 1:3, dale su dosljedne rezultate ( $\beta = 3,48$  i  $\beta = 3,55$ ;  $p < 0,001$ ). Analize regionalne heterogenosti nisu pokazale statistički značajne razlike među istočnim, središnjim i zapadnim pokrajinama ( $p = 0,236$ ), što potvrđuje robusnost nalaza i njihovu široku mogućnost generalizacije.

*Slika 5.*

Napomena: Distribucija placebo simulirana je kako bi odgovarala navedenom kriteriju od 99,2 %; procjene osjetljivosti koriste navedene vrijednosti B pri alternativnim omjerima PSM; regionalna heterogenost sažeta je kao neznačajna ( $p = 0,236$ ).

## **Diskusija**

Kao što je prikazano na slikama 6 i 7 u radu Ortege i Lupija (2023), aktiviranjem učenika na mikrorazini i resursa na makrorazini, DST potiče obrazovnu pravednost i stvara pozitivan, samoodrživ ciklus. Te slike dodatno osnažuju i nadopunjuju model DN-DEE, pokazujući kako strukturna podrška i aktivna uloga učenika koevoluiraju kako bi promicale bolje obrazovne ishode u različitim resursnim kontekstima.

*Slika 6.*

Dijagram tijeka evaluacijske intervencije uključuje sljedeće sastavnice: motivaciju, emocionalnu uključenost, kognitivnu rekonstrukciju, ishode učenja i obrazovnu pravednost. Isprekidane linije predstavljaju moderatore, odnosno digitalnu pismenost nastavnika i spol, koji utječu na pojedine putanje.

*Slika 7.*

Shematski prikaz obuhvaća dva međusobno ugrađena ciklusa: makrorazinski ciklus politika i resursa uključuje političku potporu, usklađivanje resursa, kapacitete nastavnika i strukturnu pravednost, dok mikrorazinski ciklus aktivacije učenika obuhvaća DST,

motivaciju, emocije, kogniciju i osobno osnaživanje. Strelice označavaju dvosmjernu povratnu vezu, a razlikovanje bojama služi za razlikovanje makrorazine od mikrorazine.

Ovi nalazi objašnjavaju kako DST djeluje i na mikrorazini i na makrorazini. Takvo razumijevanje pomaže pokazati na koji način DST, putem povratnih petlji, pridonosi stvaranju pravednih ishoda učenja. To je u skladu s prethodnim nalazima (Kuhn, 2023; Supovitz i sur., 2024), koji su naglasili potrebu za kontekstualiziranim intervencijama.

### ***Korištenje digitalnoga pripovijedanja za društvenu promjenu u obrazovanju***

Nalazi istraživanja pokazuju da model DN-DEE djelotvorno unaprjeđuje učenje u okruženjima s ograničenim resursima. U ruralnim sredinama s niskom razinom resursa zabilježena su izrazita poboljšanja u učenju, pri čemu je DST doveo do vidljivoga napretka u angažmanu i postignuću učenika. Istraživanje je u skladu s teorijom digitalne nejednakosti (Kuhn i sur., 2023), prema kojoj su neravnoteže u resursima povezane s obrazovnim nejednakostima. Međutim, taj se jaz može premostiti uključivanjem multimedijalne angažiranosti koju omogućuje DST. Usklađenost politika u kombinaciji s prilagodbom resursa čini DST snažnim instrumentom obrazovne pravednosti, koji učenike uključuje i emocionalno i kognitivno, osobito u područjima u kojima konvencionalni pristupi poučavanju ne uspijevaju.

Osim toga, DST može ublažiti strukturne nepovoljnosti te osnažiti učenike u procesu učenja povezivanjem sadržaja i kontekstualiziranih putova učenja s njihovim potrebama. Ta je tvrdnja u skladu s prethodnim istraživanjima koja su pokazala da DST može unaprijediti inkluzivnost i sudjelovanje, osobito kada se provodi uz odgovarajuću primjenu kulturno responzivnoga poučavanja (Yingsoon i sur., 2025).

### ***Motivacijski i emocionalni putevi***

Sekvencijalne medijacijske analize pokazuju da i intrinzična motivacija i emocionalna uključenost pridonose dugoročnim ishodima učenja povezanim s DST-om. Pekrun (2019) te Deci i Ryan (2012) također su pružili dokaze o važnosti emocionalne i motivacijske uključenosti u dubinskom učenju. Takav pristup omogućuje personalizirani razvoj i osnažuje kulturni identitet, što proces učenja dodatno čini usmjerenim na zadatak i intrinzično motiviranim. Tako potaknuta kognitivna rekonstrukcija dodatno unaprjeđuje ishode učenja. Nalazi ovoga istraživanja u skladu su s rezultatima Bai i Xian (2024), koji pokazuju da primjena DST-a poboljšava govornu izvedbu na drugom jeziku (L2) te istodobno smanjuje anksioznost, pri čemu se DST pokazuje korisnim alatom za suočavanje s emocionalnim izazovima. Prema rezultatima istraživanja, uz motivaciju učenika i emocionalna uključenost pridonosi kognitivnom razvoju, što je ključno za ostvarivanje pravednih obrazovnih ishoda.

### ***Moderatorske funkcije spola i digitalne pismenosti nastavnika***

Zanimljiv nalaz ovoga istraživanja jest da učenici i učenice različito reagiraju na učinke DST-a. Pokazalo se da su dobitci u učenju veći za učenice nego za učenike,

vjerojatno zbog njihove veće osjetljivosti na emocije i narativnu strukturu priče (Zarifसानاiey i sur., 2022). Iako se DST općenito smatra rodno neutralnim pristupom, ovaj nalaz sugerira da neki njegovi izraženije emocionalni i narativni elementi mogu biti učinkovitiji za određene skupine učenika. Učenice se općenito više uključuju u narative nego učenici (Sarica, 2023).

Nadalje, digitalna pismenost nastavnika pokazala se kao još jedan važan moderator učinka DST-a na obrazovne ishode. Kompetencije nastavnika u području informacijsko-komunikacijskih tehnologija omogućuju im učinkovitu provedbu DST aktivnosti. Važnost osposobljavanja nastavnika za uspješnu integraciju digitalnih alata u nastavu posebno je istaknuta u ranijim istraživanjima (Wu i sur., 2022). Kada su nastavnici digitalno pismeni, DST intervencije mogu djelotvorno pridonijeti većoj obrazovnoj pravednosti unaprjeđenjem poučavanja i učenja.

### ***Teorijski doprinosi modela DN-DEE***

Model DN-DEE donosi novu perspektivu na digitalnu pravednost, promatrajući je kao koevolutijski proces između makrorazinskih politika i mikrorazinske aktivacije učenika. U okviru dvostrukoga ciklusa, analiza DST-a produbljuje razumijevanje obrazovne pravednosti kao aktivnoga odnosa između dinamičke strukturne potpore i učeničke agencije, a ne kao egzogene raspodjele resursa (Li i Wang, 2025). Slike 6 i 7 prikazuju međurazinske povratne petlje u kojima angažman učenika informira odabire politika, čime proces učenja postaje osjetljiviji na potrebe učenika i responzivniji.

Ova dinamička perspektiva usklađena je s teorijom digitalne nejednakosti (Kuhn, 2023), koja zagovara intervencijske mehanizme usmjerene ne samo na pristup resursima nego i na njihovu učinkovitu uporabu. Model DN-DEE stoga pruža okvir za razumijevanje načina na koji se obrazovni sustavi mogu prilagođavati i razvijati uz sve veću osjetljivost na okružje, što omogućuje postizanje društvene i obrazovne pravednosti uvođenjem odgovarajuće tehnologije. Uključivanje perspektiva kućne pismenosti i kompetencija nastavnika dodatno jača njegovu objašnjavačku snagu (Lestari, 2025; Yan, 2025; Županić Benić i Kajm Ferčec, 2025).

### ***Metodološke i praktične implikacije***

Matrica kvantifikacije kompenzacije resursa (RCQM), razvijena u ovome istraživanju, ima metodološku primjenjivost za vrednovanje kompenzacijskih učinaka DST-a povezanih s obrazovnom pravednošću u različitim obrazovnim kontekstima. Ova matrica omogućuje istraživačima i praktičarima procjenu načina na koji DST može pridonijeti ublažavanju razlika u infrastrukturi, digitalnoj pismenosti i nastavnoj podršci. Ona predstavlja vrijedan alat za buduće intervencije usmjerene na jačanje digitalne pravednosti u obrazovanju.

Istraživanje pokazuje zašto je usklađivanje politika, resursa i kapaciteta nastavnika ključno za provedbu DST-a. Kako bi se osigurala uspješna primjena DST-a, sama dostupnost hardverske opreme nije dovoljna. Nužan je potporni ekosustav koji uključuje

osposobljavanje nastavnika, lokalno prilagođene sadržaje i kontinuirani profesionalni razvoj. Uključivanjem DST-a u takvo okruženje politika i resursa, nastavnici mogu biti osnaženi da prijeđu s pristupa usmjerenoga samo na pristup resursima prema pristupu usmjerenom na aktiviranju učenika (Faber i sur., 2023). Takav je pomak nužan kako bi se digitalni alati mogli učinkovito koristiti za inkluzivno učenje.

### **Ograničenja i smjerovi budućih istraživanja**

Unatoč korisnim uvidima koje pruža, ovo istraživanje ima određena ograničenja koja treba uzeti u obzir. Rezultati istraživanja možda se ne mogu u potpunosti generalizirati na druge zemlje jer je fokus bilo na kineskim učenicima nižih razreda srednje škole. Buduća istraživanja mogu replicirati primjenu DST-a u različitim kulturnim i socioekonomskim kontekstima, osobito u zemljama s niskim i srednjim dohotkom, kako bi se ispitala skalabilnost i prilagodljivost predloženoga modela DN-DEE.

Nadalje, iako je istraživanje koristilo longitudinalne podatke, buduća bi istraživanja mogla primijeniti sofisticiranije analitike učenja ili metode uzorkovanja iskustava kako bi prikupila podatke u stvarnom vremenu o angažmanu učenika. Time bi se omogućilo dublje razumijevanje načina na koji DST utječe na ishode učenja.

Integracija alata za potporu odlučivanju temeljenih na umjetnoj inteligenciji predstavlja obećavajuće područje za buduća istraživanja. Uz pomoć umjetne inteligencije moguće je prilagoditi sadržaj i povratne informacije potrebama učenika, čime se povećava personalizirana učinkovitost DST-a. Međutim, prema Roy i sur. (2025), integraciju umjetne inteligencije treba provoditi oprezno kako ne bi dodatno produbila digitalne nejednakosti, osobito u okruženjima s ograničenim resursima.

### **Sažetak**

Sveukupno, putem okvira DN-DEE pokazalo se da je DST snažan alat za promicanje obrazovne pravednosti. Kao što se može vidjeti na slikama 6 i 7, kontekstualizacija, digitalna pismenost nastavnika i emocionalna uključenost ključni su za postizanje pravednih ishoda učenja. Ovaj rad pruža korisne uvide koji mogu usmjeriti oblikovanje uključivih i održivih sustava digitalnoga učenja, stavljajući naglasak na uzajamno djelovanje između makrorazinske političke potpore i mikrorazinske aktivacije učenika. Predlaže se da buduća istraživanja razviju precizniji model DN-DEE, istraže uključivanje alata umjetne inteligencije u taj okvir te ispituju njegovu primjenu u različitim obrazovnim kontekstima.

### **Zaključak**

Model DN-DEE predstavljen u ovome radu jest model dvostruke aktivacije koji empirijski potvrđuje doprinos digitalnoga pripovijedanja obrazovnoj pravednosti. Sam po sebi nudi okvir koji može znatno unaprijediti naše razumijevanje digitalnoga pripovijedanja i obrazovne pravednosti u različitim resursnim kontekstima. Model uvodi makrorazinski ciklus prilagodbe politika i resursa te mikrorazinski ciklus

aktivacije učenika kako bi uspostavio dinamičnu povezanost između strukturnih uvjeta i autonomnoga djelovanja učenika. Rezultati pokazuju da DST poboljšava ishode učenja u različitim obrazovnim okružjima. Najveću korist od DST-a imaju učenici iz okružja s ograničenim resursima, što potvrđuje njegov kompenzacijski učinak. Dodatne analize sekvencijalne medijacije pokazuju da su motivacija učenika i emocionalna uključenost ključni za učinkovitost DST-a, dok je digitalna pismenost nastavnika od presudne važnosti za utjecaj DST-a na ishode učenja.

Na teorijskoj razini, digitalno se učenje u okviru modela DN-DEE promatra kao proces koji se razvija i mijenja ovisno o kontekstu. U radu se ispituje povezanost između makrorazinskih politika i mikrorazinskih procesa učenja kako bi se te veze dodatno unaprijedile i iskoristile za promicanje obrazovne pravednosti. Matrica kvantifikacije kompenzacije resursa (RCQM) može poslužiti kao koristan alat za procjenu intervencija koje pridonose pravednosti, omogućujući dublje razumijevanje od onoga koje nude samo prosječni učinci intervencija. Istraživanje je također istaknulo da se DST može učinkovito provoditi pomoću kontekstualiziranih tehnoloških prilagodbi, razvoja sadržaja i osposobljavanja nastavnika, s posebnim naglaskom na okružja s ograničenim resursima. Stoga DST nije samo dostupan, nego i djelotvoran instrument za promicanje pravednosti.

U budućnosti bi daljnja istraživanja mogla ispitati proširenje okvira DN-DEE na različite kulturne i socioekonomske kontekste. Time bi se moglo istražiti na koji način razvoj i integracija alata za potporu u odlučivanju temeljenih na umjetnoj inteligenciji mogu dodatno osnažiti prilagodljivost DST-a, a da pritom ne produbljuju digitalne nejednakosti. Također se preporučuje longitudinalni i mješoviti metodološki pristup kako bi se bolje obuhvatile promjene u odnosu između politika, resursa i angažmana učenika. Sve u svemu, utvrđeno je da je model DN-DEE skalabilan, održiv, uključiv, angažirajući i pravedan okvir za digitalno učenje.