

## RTU studiju kurss "Augstas veiktspējas skaitļošana simulācijā un digitālo dvīņu sistēmās"

33000 Datorzinātnes, informācijas tehnoloģijas un enerģētikas fakultāte

### Vispārējā informācija

Kods	DE1108
Nosaukums	Augstas veiktspējas skaitļošana simulācijā un digitālo dvīņu sistēmās
Studiju kursa statuss programmā	Obligātais/Ierobežotās izvēles
Atbildīgais mācītbspēks	Arnis Lektauers - Doktors, Asociētais profesors
Apjoms daļās un kredītpunktos	1 daļa, 5.0 kredītpunkti
Studiju kursa īstenošanas valodas	LV, EN
Anotācija	<p>Studiju kursā tiek aplūkota simulācijā balstītu digitālo dvīņu sistēmu izstrāde, izmantojot augstas veiktspējas skaitļošanu (HPC) kā pamata pieeju sarežģītu sistēmu analīzei, prognozēšanai un darbības uzlabošanai. Tiek apskatīta simulācijas pētījuma procedūras struktūra, sākot no problēmas formulēšanas un konceptuālā modeļa, līdz veiktspējas analīzei, validācijai un rezultātu interpretācijai digitālo dvīņu sistēmu kontekstā.</p> <p>Īpaša uzmanība tiek veltīta skaitļošanas arhitektūras izvēlei (CPU/GPU), paralelizācijas stratēģijām, veiktspējas mērogojamībai un in-situ simulācijai. Praktiskās iemaņas tiek iegūtas laboratorijas darbos, realizējot simulācijas komponentus un vienkāršotus digitālo dvīņu prototipus, izmantojot programmatūras rīkus un automatizētus risinājumus.</p>
Mērķis un uzdevumi, izteikti kompetencēs un prasmēs	<p>Studiju kursa mērķis ir sniegt padziļinātas zināšanas par simulācijas un digitālo dvīņu sistēmu algoritmiskajiem pamatiem, attīstot skaitļotisko domāšanu ar spēju pamatoti izmantot augstas veiktspējas skaitļošanu sarežģītu sistēmu un liela apjoma datu analīzē.</p> <p>Studiju kursa uzdevumi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- veidot izpratni par simulācijas pētījuma struktūru un digitālo dvīņu sistēmu izstrādes principiem;</li> <li>- sniegt zināšanas par augstas veiktspējas skaitļošanas arhitektūras (CPU/GPU) veidiem, paralelizācijas stratēģijām, veiktspējas mērogojamību un in-situ simulāciju;</li> <li>- iemācīt formulēt konceptuālo modeli un izvēlēties piemērotu skaitļošanas pieeju konkrēta uzdevuma risināšanai;</li> <li>- attīstīt prasmes analizēt simulācijas veiktspēju, validēt rezultātus un interpretēt tos digitālo dvīņu sistēmu kontekstā;</li> <li>- pilnveidot prasmes praktiski realizēt simulācijas komponentus un vienkāršotus digitālo dvīņu prototipus, izmantojot atbilstošus programmatūras rīkus un automatizētus risinājumus;</li> <li>- veicināt spēju kritiski izvērtēt arhitektūras un algoritmu izvēli un argumentēt pieņemtos risinājumus.</li> </ul>
Patstāvīgais darbs, tā organizācija un uzdevumi	<p>Studējošo patstāvīgais darbs tiek organizēts semestra gaitā un ietver sagatavošanos laboratorijas darbiem, laboratorijas darbu rezultātu analīzi un noformēšanu, studiju darba izstrādi, referāta sagatavošanu un prezentēšanu, kā arī gatavošanos eksāmenam, atkārtotot lekciju materiālu un patstāvīgi studējot ieteikto literatūru. Patstāvīgā darba ietvaros studējošie analizē simulācijas un digitālo dvīņu sistēmu uzdevumus, izvēlas atbilstošas skaitļošanas un simulācijas metodes un pamato pieņemto risinājumu izvēli. Studiju darba ietvaros tiek izstrādāts simulācijā balstīts risinājums vai digitālā dvīņa prototips, savukārt referāta ietvaros tiek veikta izvēlētas sistēmas vai tehnoloģijas analīze. Patstāvīgais darbs tiek vērtēts atbilstoši darba kvalitātei, rezultātu pamatotībai un spējai skaidrot pieņemtos lēmumus.</p>
Literatūra	<p>Obligātā / Obligatory:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fitzgerald, John (Ēditors), Gomes, Cláudio (Ēditors), Larsen, Peter G. (Ēditors) The Engineering of Digital Twins // Springer; 2024, p. 412</li> <li>2. Chopp, David L. Introduction to High Performance Scientific Computing // SIAM - Society for Industrial and Applied Mathematics; 2019, p. 453</li> <li>3. Hwu, Wen-mei W., Kirk, David B. and Hajj, Izzat El. Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach // Morgan Kaufmann; 5th Edition, 2026, p. 680</li> </ol> <p>Papildu / Additional:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Law, Awerill M. Simulation Modeling and Analysis // McGraw Hill; 6th Edition, 2024, p. 688</li> <li>2. Grieves, Michael (Ēditors), Hua, Edward Y. (Ēditors) Digital Twins, Simulation, and the Metaverse: Driving Efficiency and Effectiveness in the Physical World through Simulation in the Virtual Worlds // Springer; 2024, p. 783</li> <li>3. Oberkampf, William L., Roy, Christopher J. Verification, Validation, and Uncertainty Quantification in Scientific Computing // Cambridge University Press; 2nd Edition, 2025, p. 729</li> </ol>
Nepieciešamās priekšzināšanas	Pamatzināšanas programmēšanā, algoritmos un datu struktūrās, kā arī pamata izpratne par sistēmu modelēšanu un matemātisko analīzi.

### Studiju kursa saturs

Saturs	Pilna un nepilna laika klātienes studijas		Nepilna laika neklātienes studijas	
	Kontakt stundas	Patstāv. darbs	Kontakt stundas	Patstāv. darbs
Ievads augstas veiktspējas skaitļošanā	4	4	0	0
Paralēlie algoritmi un skaitļošanas pieejas	4	4	0	0
Augstas veiktspējas skaitļošanas programmēšanas modeļi	6	6	0	0
Augstas veiktspējas skaitļošanas simulācijā	4	4	0	0

Paralēlā un grafisko procesoru paātrinātā simulācija	6	6	0	0
Veiktspējas modelēšana, validācija un mērogojamība	4	4	0	0
Digitālo dvīņu sistēmu arhitektūra	4	4	0	0
Laboratorijas darbs: skaitļošanas problēmas paralelizācijas analīze	4	8	0	0
Laboratorijas darbs: simulācijas uzdevuma realizācija	4	16	0	0
Laboratorijas darbs: veiktspējas mērīšana un salīdzināšana	4	12	0	0
Laboratorijas darbs: mini digitālā dvīņa skaitļošanas prototips	4	24	0	0
<b>Kopā:</b>	<b>48</b>	<b>92</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

#### **Sasniedzamie studiju rezultāti un to vērtēšana**

Sasniedzamie studiju rezultāti	Rezultātu vērtēšanas metodes
Spēj izskaidrot simulācijas pētījuma tehnoloģiju digitālo dvīņu sistēmās.	Pārbaudes veidi: eksāmens. Kritēriji: students spēj izskaidrot simulācijas pētījuma tehnoloģijas pamatprincipus digitālo dvīņu sistēmās, demonstrē izpratni par augstas veiktspējas skaitļošanas pieejām un sniedz pamatotas atbildes uz teorētiskiem jautājumiem.
Spēj praktiski realizēt simulācijas komponentus.	Pārbaudes veidi: laboratorijas darbi. Kritēriji: students pilnībā izpilda visus uzdevumus, pamato izvēlētos skaitļošanas un simulācijas metodes, sagatavo kvalitatīvu atskaiti un spēj aizstāvēt pieņemtos risinājumus.
Spēj analizēt veiktspēju un izvēlēto augstas veiktspējas skaitļošanas arhitektūru.	Pārbaudes veidi: studiju darbs. Kritēriji: students izstrādā funkcionējošu simulācijā balstītu risinājumu vai digitālā dvīņa prototipu, veic precīzu veiktspējas analīzi un pamato izvēlēto augstas veiktspējas skaitļošanas arhitektūru.
Spēj kritiski izvērtēt risinājumu efektivitāti.	Pārbaudes veidi: referāts / aizstāvēšana. Kritēriji: students precīzi un kritiski analizē izvēlēto sistēmu vai tehnoloģiju, strukturē saturu un argumentāciju, prezentē skaidri un pamato izdarītos secinājumus.

#### **Studiju rezultātu vērtēšanas kritēriji**

Kritērijs	% no kopējā vērtējuma
Eksāmens	40
Laboratorijas darbi	20
Studiju darbs	20
Patstāvīgais darbs / referāts	20
<b>Kopā:</b>	<b>100</b>

#### **Studiju kursa plānojums**

Daļa	KP	Stundas			Pārbauījumi		
		Lekcijas	Prakt. d.	Laborat	Ieskaite	Eksām.	Darbs
1.	5.0	32.0	0.0	16.0		*	