ଜଟିଳତାର ବର୍ଣ୍ଣନା

#ଜଟିଳତା_ବ୍ୟାଖ୍ୟାୟିତ
#ComplexityExplained

ସୂଚୀପତ୍ର

1 ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା 4

2 ଆବିର୍ଭାବ 6

3 ଗତିଶୀଲତା 8

4 ଆତ୍ମ-ସଂଗଠନ 10

5 ଅନୁକୂଲନ 12

6 ଅନ୍ତର୍ବିଷୟତା 14

7 ପ୍ରଣାଲୀ 16

ଜଟିଳତାର ବ୍ୟାଖ୍ୟା

"ଅଙ୍ଗାରକ ଅଣୁରେ ପ୍ରେମ ନାହିଁ,
ଜଳ ବିନ୍ଦୁରେ ବାତ୍ୟା ନାହିଁ,
ଡ଼ଲାର ନୋଟରେ ଆର୍ଥିକ ନିପାତ ନାହିଁ |"
– ପିଟର୍ ଡାଡ୍ସ

ଜଟିଳତା ବିଜ୍ଞାନ, ଯାହାକୁ ଜଟିଳ ସିଷ୍ଟମ/ବ୍ୟବସ୍ଥା ବିଜ୍ଞାନ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ, ଅଧ୍ୟୟନ କରେ କିପରି ଏକ ବୃହତ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକର ସଂଗ୍ରହ - ବିନା ବାହ୍ୟ ହସ୍ତକ୍ଷେପ, କେନ୍ଦ୍ରୀୟ କର୍ତ୍ତୃପକ୍ଷ ସତ୍ତ୍ୱେ ଛୋଟ ମାପରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ଆତ୍ମ-ସଂଗଠିତ ହୋଇପାରିବ |
ସଂଗ୍ରହର ଗୁଣଗୁଡିକ କେବଳ ଏହାର ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜ୍ଞାନରୁ ବୁଝି ହେବ ନାହିଁ କିମ୍ବା ପୂର୍ବାନୁମାନ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ | ଏହିପରି ସଂଗ୍ରହକୁ ଏକ ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହାର ଅନୁସନ୍ଧାନ ପାଇଁ ଏହା ନୂତନ ଗାଣିତିକ ବିଚାର ଧାରା ଏବଂ ବୈଜ୍ଞାନିକ ପଦ୍ଧତି ଆବଶ୍ୟକ କରେ |

ଜଟିଳ ସିଷ୍ଟମ୍/ବ୍ୟବସ୍ଥା ବିଷୟରେ ଆପଣ ଜାଣିବା ଉଚିତ୍ କିଛି ଜିନିଷ ପରବର୍ତ୍ତୀ ପୃଷ୍ଠାଗୁଡ଼ିକରେ ଅଛି |

ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା

ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା/ସିଷ୍ଟମ୍ ଅନେକ ଉପାଦାନରୁ ଗଢା ଏବଂ ଏହି ଉପାଦାନ ଗୁଡିକ ବହୁ ଉପାୟରେ ତାଙ୍କ ପରିବେଶ ସହିତ ଯୋଗାଯୋଗ କରନ୍ତି |

"ପ୍ରତ୍ୟେକ ବସ୍ତୁ ଯାହା ଜୀବବିଜ୍ଞାନ ଅଧ୍ୟୟନ ହେଉଛି ଏକ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ସଂଗ୍ରହ |"
– ଫ୍ରାଙ୍କୋଇସ୍ ଯାକୋବ

ଜଟିଳ ସିଷ୍ଟମ ଅନେକ ଉପାଦାନରୁ ଗଢା ଏବଂ ଏହି ଉପାଦାନ ଗୁଡିକ ବହୁ ଉପାୟରେ ତାଙ୍କ ପରିବେଶ ସହିତ ଯୋଗାଯୋଗ କରନ୍ତି | ଏହି ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ପାରସ୍ପରିକ ନେଟୱାର୍କ ଗଠନ କରନ୍ତି| ବେଳେବେଳେ ଅନେକ ପାରସ୍ପରିକ ଯୋଗାଯୋଗ ନିମନ୍ତେ ଅଳ୍ପ କିଛି ଉପାଦାନ ପ୍ରଧାନ ଅଟନ୍ତି | ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ଉପନ୍ୟାସ ସୂଚନା ସୃଷ୍ଟି କରିପାରେ ଯାହା ପୃଥକ ଭାବରେ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକୁ ଅଧ୍ୟୟନ କରିବା କିମ୍ବା ସେମାନଙ୍କ ଭବିଷ୍ୟତକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୂର୍ବାନୁମାନ କରିବା କଷ୍ଟକର କରିଥାଏ | ଏହା ସହିତ, ଏକ ସିଷ୍ଟମର ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନୂତନ ସିଷ୍ଟମ୍ ହୋଇପାରେ, ଯାହାକି ସିଷ୍ଟମଗୁଡ଼ିକର ସିଷ୍ଟମକୁ ହୋଇପାରେ, ଏବଂ ପରସ୍ପର ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳ ହୋଇଥାଏ |

ଜଟିଳତା ବିଜ୍ଞାନର ମୁଖ୍ୟ ସମସ୍ୟା କେବଳ ସ୍ୱଷ୍ଟମର ଅଂଶ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ସଂଯୋଗ ଦେଖିବା ନୁହେଁ ବରଂ ଏହି ସଂଯୋଗଗୁଡ଼ିକ କିପରି ଏକ ପୁର୍ଣ କୁ ଜନ୍ମ ଦିଏ ତାହା ମଧ୍ୟ ବୁଝିବା |

ଉଦାହରଣ:

- ମାନବ ମସ୍ତିଷ୍କରେ କୋଟି କୋଟି ପାରସ୍ପରିକ ଯୋଗାଯୋଗ କରୁଥିବା ନ୍ୟୁରନ୍ |
- ଇଣ୍ଟରନେଟରେ ଯୋଗାଯୋଗ କରୁଥିବା କମ୍ପ୍ୟୁଟରଗୁଡ଼ିକ |
- ବହୁମୁଖୀ ଏବଂ ଜଟିଳ ସଂପର୍କରେ ମଣିଷ |

ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଧାରଣା:

ସିଷ୍ଟମ୍, ଉପାଦାନ, ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା, ନେଟୱାର୍କ, ଗଠନ, ଭେଦଭାବ, ଅନ୍ତର୍ସମ୍ବନ୍ଧୀୟତା, ଅନ୍ତରସଂଯୋଗ, ପରସ୍ପର ଉପରେ ନିର୍ଭରଶୀଳତା, ଉପତନ୍ତ୍ର, ସୀମା, ପରିବେଶ, ଖୋଲା / ବନ୍ଦ ସିଷ୍ଟମ୍, ସିଷ୍ଟମ୍ ର ସଂଗ୍ରହ |

ସନ୍ଦର୍ଭ:

Mitchell, Melanie.
Complexity: A Guided Tour
[ଜଟିଳତା: ଏକ ମାର୍ଗଦର୍ଶନ].
Oxford University Press, 2009.

Capra, Fritjof and Luisi, Pier Luigi.
The Systems View of Life: A Unifying Vision
[ଜୀବନର ସିଷ୍ଟମ୍ ଭ୍ୟୁ: ଏକ ଏକୀକରଣ ଦର୍ଶନ].
Cambridge University Press, 2016.

ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା 1

ଆବିର୍ଭାବ

ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଗୁଣଗୁଡିକ ଏକ ସଂଗ୍ରହ ଭାବେ, ତାର ଉପାଦାନଗୁଡିକର ଗୁଣରୁ ଭିନ୍ନ ଅଟେ ଏବଂ ବହୁ ମାତ୍ରାରେ ଆମ ଆଶାରୁ ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଓ ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟଜନକ ଅଟେ |

"ଅଧିକ କିଛି ପାଇବା ପାଇଁ ତୁମର ଅଧିକ କିଛି ଦରକାର ନାହିଁ |
ତାହା ହେଉଛି ଉଦ୍ଭାବନର ଅର୍ଥ |"
– ମୁରେ ଗେଲ-ମାନ୍

ସରଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକର ଯୋଗାଯୋଗ କିମ୍ବା ଏକୀକରଣରୁ ତାର ସମଗ୍ର ଗୁଣ ବୁଝିହେବ କିମ୍ବା ପୂର୍ବାନୁମାନ କରାଯାଇପାରିବ | ଅନ୍ୟ ଅର୍ଥରେ, ଏକ ସରଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା /ସିଷ୍ଟମର ମାକ୍ରୋସ୍କୋପିକ୍ ଗୁଣ ଏହାର ଅଂଶଗୁଡ଼ିକର ମାଇକ୍ରୋସ୍କୋପିକ୍ ଗୁଣରୁ ଅନୁମାନ କରାଯାଇପାରିବ | ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଗୁଣଗୁଡିକ ଏହାର ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକର ଜ୍ଞାନରୁ ବୁଝିହେବ ନାହିଁ କିମ୍ବା ପୂର୍ବାନୁମାନ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ - ଏହାକୁ "ଆବିର୍ଭାବ" କୁହାଯାଏ | ଏହି ପ୍ରଭାବ ବିଭିନ୍ନ କ୍ରିୟାବିଧି ସହିତ ଜଡିତ ଅଟେ - ଯାହାକି ଏକ ବ୍ୟବସ୍ଥା/ସିଷ୍ଟମର ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ସମ୍ପର୍କ ସୃଷ୍ଟି କରି ନୂତନ ସୂଚନା ସୃଷ୍ଟି କରିଥାଏ ଏବଂ ବୃହତ ମାପରେ କୌତୁହଳପ୍ରଦ ସାମୂହିକ ସଂରଚନା ଓ ଆଚରଣ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିଥାଏ | ଏହି ତଥ୍ୟ ସାଧାରଣତଃ ଲୋକପ୍ରିୟ ବାକ୍ୟାଂଶ ସହିତ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ "ସମଗ୍ର ଏହାର ଅଂଶଗୁଡ଼ିକର ସମଷ୍ଟିଠାରୁ ଅଧିକ |"

ଉଦାହରଣ:

- ବହୁ ପରିମାଣର ବାୟୁ ଏବଂ ବାଷ୍ପ ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଘୂର୍ଣ୍ଣିବଳୟ ସୃଷ୍ଟି କରନ୍ତି |
- ଏକାଧିକ କୋଷ ଏକ ଜୀବନ୍ତ ପ୍ରାଣୀ ସୃଷ୍ଟି କରନ୍ତି|
- କୋଟି କୋଟି ନ୍ୟୁରନ୍ ଏକ ମସ୍ତିଷ୍କ ଉତ୍ପାଦନରେ ଚେତନା ଏବଂ ବୁଦ୍ଧି ସୃଷ୍ଟି କରନ୍ତି |

ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଧାରଣା:

ଆବିର୍ଭାବ, ମାପକାଠି, ଅଣ-ରୈଖିକତା, ତଳ-ଉପର, ବର୍ଣ୍ଣନା, ଆଶ୍ଚର୍ଯ୍ୟ, ପରୋକ୍ଷ ପ୍ରଭାବ, ଅଣ-ଅନ୍ତର୍ନିହିତତା, ପର୍ଯ୍ୟାୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ, ଅଣ-ହ୍ରାସ, ପାରମ୍ପାରିକ ରୈଖିକ୍ୟ / ପରିସଂଖ୍ୟାନିକ ଚିନ୍ତାଧାରାର ଭାଙ୍ଗିବା, "ସମଗ୍ର ତାର ଅଂଶଗୁଡ଼ିକର ସମଷ୍ଟିଠାରୁ ଅଧିକ |"

ସନ୍ଦର୍ଭ:

Bar-Yam, Yaneer.
Dynamics of Complex Systems
[ଜଟିଳ ସିଷ୍ଟମର ଗତିଶୀଳତା].
Addison-Wesley, 1997.

Ball, Philip.
Critical Mass: How One Thing Leads to Another
[ଗୁରୁତର ଓଜନ: ଗୋଟିଏ ଜିନିଷ ଅନ୍ୟ].
Macmillan, 2004.

ଆବିର୍ଭାବ 2

ଗତିଶୀଳତା

ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା/ସିଷ୍ଟମ ନିଜ ସ୍ଥିତିକୁ ଗତିଶୀଳ ଭାବରେ ଭାବରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିନ୍ତି, ଓ ଅଣସଂରକ୍ଷିତ ଦୀର୍ଘ ସ୍ଥାୟୀ ଆଚରଣ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିନ୍ତି |

“ବିଶୃଙ୍ଖଳା: ଯେତେବେଳେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଭବିଷ୍ୟତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରେ, କିନ୍ତୁ ଆନୁମାନିକ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆନୁମାନିକ ଭବିଷ୍ୟତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରେ ନାହିଁ |”
– ଏଡୱାର୍ଡ ଲୋରେଞ୍ଜ

ସମୟ ସହିତ ସେମାନଙ୍କ ସ୍ଥିତିଗୁଡ଼ିକର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁଯାୟୀ ସିଷ୍ଟମଗୁଡ଼ିକୁ ବିଶ୍ଲେଷଣ କରାଯାଇପାରେ | ପରିବର୍ତନଶୀଳ ରାଶିଗୁଡିକ ଦ୍ୱାରା ଏକ ସସ୍ଥିତି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଏ ଯାହା ସିଷ୍ଟମ୍ର ସର୍ବୋତ୍ତମ ଚିତ୍ରଣ କରେ | ସିଷ୍ଟମ୍ ର ସ୍ଥିତି ବଦଳିବାରୁ ଏହାର ପରିବର୍ତନଶୀଳ ରାଶିଗୁଡିକ ମଧ୍ୟ ବଦଳିଥାଏ, ପ୍ରାୟତଃ ପରିବେଶକୁ ନେଇ ସିଷ୍ଟମ୍ ର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା | ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ରୈଖିଖ୍ୟ କୁହାଯାଏ ଯଦି ଏହା ସମୟ ସହିତ, ସିଷ୍ଟମର ସାମ୍ପ୍ରତିକ ସ୍ଥିତି ସହିତ, କିମ୍ବା ପରିବେଶରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ସିଧାସଳଖ ଆନୁପାତିକ, ନହେଲେ ତାକୁ ଅଣ-ରୈଖିକ କୁହାଯାଏ | ଜଟିଳ ପ୍ରଣାଳୀଗୁଡ଼ିକ ସାଧାରଣତଃ ଅଣ-ରୈଖିକ - ସେମାନଙ୍କ ସ୍ଥିତି ଏବଂ ପରିବେଶ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରି ବିଭିନ୍ନ ହାରରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ | ସେମାନଙ୍କର ସ୍ଥିର ସ୍ଥିତି ମଧ୍ୟ ଥାଇପାରେ ଯେଉଁଠାରେ ସେମାନେ ବିଚଳିତ ହୋଇଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିପାରିବେ, କିମ୍ବା ଅସ୍ଥିର ସ୍ଥିତି ଥାଇପାରେ ଯେଉଁଠାରେ ସିଷ୍ଟମଗୁଡ଼ିକ ଏକ ଛୋଟ ବିଘ୍ନ ଦ୍ୱାରା ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇପାରନ୍ତି | କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଛୋଟ ପରିବେଶ ପରିବର୍ତ୍ତନ ସିଷ୍ଟମ୍ ଆଚରଣକୁ ସଂପୂର୍ଣ୍ଣ ରୂପେ ବଦଳାଇପାରେ, ଯାହା ବାଇଫୁର୍କେସନ୍, ଫେଜ୍ ଟ୍ରାନ୍ସାଇନ୍ସ କିମ୍ବା “ଟିପିଂ ପଏଣ୍ଟ” ଭାବରେ ଜଣାଶୁଣା |

କେତେକ ସିଷ୍ଟମ୍ "ବିଶୃଙ୍ଖଳିତ" - ଛୋଟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତି ଅତ୍ୟନ୍ତ ସମ୍ବେଦନଶୀଳ ଅଟନ୍ତି ଏବଂ ତଥାକଥିତ "ପ୍ରଜାପତିର ପ୍ରଭାବ" ଦେଖାଇ ଦୀର୍ଘ ସମୟ ପାଇଁ ଅପ୍ରତ୍ୟାଶିତ ହୋଇଯାନ୍ତି | ଏକ ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା ପଥ-ନିର୍ଭରଶୀଳ ହୋଇପାରେ, ଅର୍ଥାତ୍ ଏହାର ଭବିଷ୍ୟତ ସ୍ଥିତି କେବଳ ବର୍ତ୍ତମାନର ସ୍ଥିତି ଉପରେ ନୁହେଁ, ବରଂ ଏହାର ଇତିହାସ ଉପରେ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଭରଶିଳ|

ଉଦାହରଣ:

- ପାଣିପାଗ ଅପ୍ରତ୍ୟାଶିତ ଭାବରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ |
- ସେୟାର ବଜାରରେ ଆର୍ଥିକ ଅସ୍ଥିରତା |

ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଧାରଣା:

ଗତିଶୀଳତା, ଆଚରଣ, ଅଣ-ରୈଖିକତା, ବିଶୃଙ୍ଖଳା, ଅସନ୍ତୁଳନ, ସମ୍ବେଦନଶୀଳତା, ପ୍ରଜାପତିର ପ୍ରଭାବ, ବାଇଫୁର୍କେସନ୍, ଦୀର୍ଘକାଳୀନ ପୂର୍ବାନୁମାନ, ଅନିଶ୍ଚିତତା, ପଥ / ପ୍ରସଙ୍ଗ ନିର୍ଭରଶୀଳତା, ଅଣ-ଏରୋଡିସିଟି |

ସନ୍ଦର୍ଭ:

Strogatz, Steven H.
Nonlinear Dynamics and Chaos
[ଅଣ-ରୈଖିକ ଗତିଶୀଳତା ଏବଂ ବିଶୃଙ୍ଖଳା].
CRC Press, 1994.

Gleick, James.
Chaos: Making a New Science
[ବିଶୃଙ୍ଖଳା: ଏକ ନୂତନ ବିଜ୍ଞାନର ସୃଷ୍ଟି].
Open Road Media, 2011.

ଗତିଶୀଳତା 3

ଆତ୍ମ-ସଂଗଠନ

ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାଗୁଡ଼ିକ ଏକ ମୂଳ ଯୋଜନା ବିନା କୌତୁହଳପ୍ରଦ ପ୍ରତିରୂପ ସ୍ୱତଃସ୍ଫୂର୍ତ ଭାବରେ ଉତ୍ପାଦନ କରିବାକୁ ଆତ୍ମ-ସଂଗଠନ କୁହାଯାଏ |

“ଏହା ପରାମର୍ଶ ଦିଆଯାଇଛି ଯେ ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥର ଏକ ସମୁଦାୟ, ଯାହାକୁ ମର୍ଫୋଜେନ୍ କୁହାଯାଏ - ତାର ଏକତ୍ର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ଏବଂ ଅଙ୍ଗମଧ୍ୟରେ ବିସ୍ତାର, ଅଙ୍ଗର ସୃଷ୍ଟିକୁ ବୁଝାଇବା ପାଇଁ ଯଥେଷ୍ଟ |”
– ଆଲାନ୍ ଟ୍ୟୁରିଙ୍ଗ୍

ଏକ ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ଏକ ବିଶ୍ୱସ୍ତରୀୟ ପ୍ରତିରୂପ କିମ୍ବା ଆଚରଣ ସୃଷ୍ଟି କରିପାରେ | କୌଣସି କେନ୍ଦ୍ରୀୟ କିମ୍ବା ବାହ୍ୟ ନିୟନ୍ତ୍ରକ ନଥିବାରୁ ଏହାକୁ ପ୍ରାୟତ ଆତ୍ମ-ସଂଗଠନ ଭାବରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇଥାଏ | ଏକ ଆତ୍ମ-ସଂଗଠିତ ବ୍ୟବସ୍ଥାର “ନିୟନ୍ତ୍ରଣ” ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ବଣ୍ଟିତ ହୁଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା ମାଧ୍ୟମରେ ଏକୀକୃତ ହୁଏ | ଆତ୍ମ-ସଂଗଠନ କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ସଂରଚନା ଉତ୍ପାଦନ କରିପାରେ ଯେପରି ସାମଗ୍ରୀର ସ୍ଫଟିକ୍ ପ୍ରତିରୂପ ଏବଂ ଜୀବଜନ୍ତୁଙ୍କ ଗଠନ, କିମ୍ବା ଗତିଶୀଳ / ସୂଚନାପୂର୍ଣ୍ଣ ଆଚରଣ ଯେପରି ମାଛର ଗୋଷ୍ଠୀ ଆଚରଣ ଏବଂ ପଶୁ ମାଂସପେଶୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ପନ୍ଦନ | ଯେହେତୁ ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅଧିକ ସଂଗଠିତ ହୁଏ, ସମୟ ସହିତ ନୂତନ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରତିରୂପଗୁଡ଼ିକ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇପାରେ, ସମ୍ଭବତ ଯାହାଦ୍ୱାରା ଅଧିକ ଜଟିଳତା ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ | କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାଗୁଡ଼ିକ ଏକ “ଜଟିଳ” ଅବସ୍ଥାରେ ଆତ୍ମ-ସଂଗଠିତ ହୋଇପାରେ ଯାହା କେବଳ ଅନିୟମିତତା ଏବଂ ନିୟମିତତା ମଧ୍ୟେ ସୂକ୍ଷ୍ମ ସନ୍ତୁଳନରେ ରହିପାରେ |

ଏହିପରି ଆତ୍ମ-ସଂଗଠିତ ଗୁରୁତ୍ୱ ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ଥିତିଗୁଡିକରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ପ୍ରତିରୂପଗୁଡିକ ଅନେକ ସମୟରେ ବିଭିନ୍ନ ବିଶେଷ ଗୁଣ ଦେଖାଏ, ଯେପରିକି ଆତ୍ମ-ସମାନତା ଏବଂ ପ୍ରତିରୂପଗୁଡ଼ିକର ଶକ୍ତି-ଆଇନ ବଣ୍ଟନ |

ଉଦାହରଣ:

- ଏକକ ଅଣ୍ଡା କୋଷ ବିଭାଜନ ଏବଂ ଶେଷରେ ଏକ ଜୀବର ଜଟିଳ ଆକାରରେ ଆତ୍ମ-ସଂଗଠିତ ହୁଏ|
- ଅଧିକ ଲୋକ ଏବଂ ଟଙ୍କା ଆକର୍ଷିତ କରୁଥିବାରୁ ସହରଗୁଡିକ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ |
- ଜଟିଳ ଫ୍ଲକିଂ ପ୍ରତିରୂପ ଦେଖାଉଥିବା ଷ୍ଟାରଲିଙ୍ଗଗୁଡିକର ଏକ ବୃହତ ସମ୍ପ୍ରଦାୟ |

ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଧାରଣା:

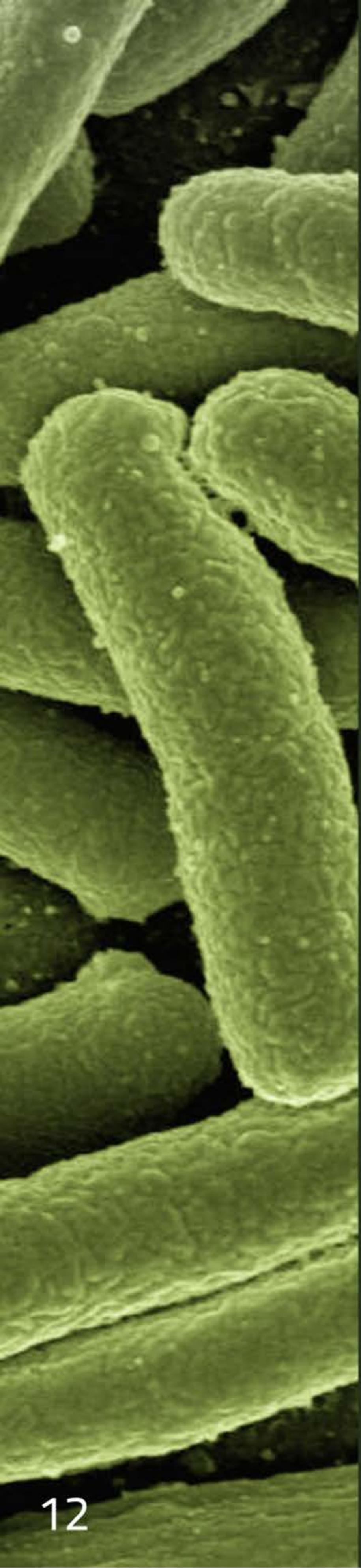
ଆତ୍ମ-ସଂଗଠନ, ସାମୂହିକ ଆଚରଣ, ଗୋଷ୍ଠୀ ଆଚରଣ, ସ୍ଥାନ ଏବଂ ସମୟ, ବିଶୃଙ୍ଖଳା, ସମାଲୋଚନା, ଆତ୍ମ-ସମାନତା, ବିସ୍ଫୋରଣ, ଆତ୍ମ-ସଂଗଠିତ ସମାଲୋଚନା, ଶକ୍ତି ନିୟମ, ଭାରୀ ଲାଞ୍ଜ ବଣ୍ଟନ, ମର୍ଫୋଜେନେସିସ୍, ବିକେନ୍ଦ୍ରୀକରଣ / ବିତରଣ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ, ନିର୍ଦ୍ଦେଶିତ ଆତ୍ମ- ସଂଗଠନ

ସନ୍ଦର୍ଭ:

Ball, Philip.
The Self-Made Tapestry: Pattern Formation in Nature
[ସ୍ୱୟଂ ନିର୍ମିତ ଟାପେଷ୍ଟ୍ରି: ପ୍ରକୃତିର ପ୍ରତିରୂପ ଗଠନ].
Oxford University Press, 1999.

Camazine, Scott, et al.
Self-Organization in Biological Systems
[ଜୀବ ବିଜ୍ଞାନରେ ଆତ୍ମ-ସଂଗଠନ].
Princeton University Press, 2003.

ଆତ୍ମ-ସଂଗଠନ 4



ଅନୁକୂଳନ

ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାଗୁଡ଼ିକ ଅନୁକୂଳନ ଏବଂ ବିବର୍ତ୍ତନ ଦେଖାନ୍ତି |

"ବିବର୍ତ୍ତନର ଆଲୋକ ବିନା ଜୀବବିଜ୍ଞାନରେ କୌଣସି ଧାରଣାର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ନାହିଁ |"
– ଥିଓଡୋସିୟସ୍ ଡୋବଜାନସ୍କି

କେବଳ ସ୍ଥିର ସ୍ଥିତିକୁ ଯିବା ପରିବର୍ତ୍ତେ, ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟତ ସକ୍ରିୟ ଏବଂ ପରିବେଶକୁ ପ୍ରତିକ୍ରିୟାଶୀଳ ବ୍ୟବହାର ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତି - ଏକ ବଲ, ଯାହା ପାହାଡ ତଳେ ଗଡ଼ିଯାଇ ଅଟକିଯାଏ, ଓ ଏକ ପକ୍ଷୀ, ଯାହା ଉଡ଼ିବା ସମୟରେ ପବନ ସ୍ରୋତ ସହିତ ଖାପ ଖାଏ, ମଧ୍ୟରେ ଏହା ହିଁ ପାର୍ଥକ୍ୟ | ଏହି ଅନୁକୂଳନ ଏକାଧିକ ମାପରେ ହୋଇପାରେ: ଜ୍ଞାନଗତ ପ୍ରକ୍ରିୟା (ଶିକ୍ଷଣ ଏବଂ ମାନସିକ ବିକାଶ ମାଧ୍ୟମରେ); ସାମାଜିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା (ସାମାଜିକ ସମ୍ପର୍କ ମାଧ୍ୟମରେ ସୂଚନା ଦ୍ୱାରା); ଉଦ୍ଭବ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏବଂ ପ୍ରାକୃତିକ ଚୟନ ମାଧ୍ୟମରେ ବିବର୍ତ୍ତନଶୀଳତା| ଯେତେବେଳେ ଉପାଦାନଗୁଡ଼ିକ ନଷ୍ଟ ହୋଇଯାଏ କିମ୍ବା ଅପସାରିତ ହୁଏ, ଏହି ସିଷ୍ଟମଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟତଃ ସେମାନଙ୍କର ପୂର୍ବ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତାକୁ ଅନୁକୂଳିତ ଓ ପୁନରୁଦ୍ଧାର କରିବାରେ ସକ୍ଷମ ହୁଅନ୍ତି, ଏବଂ ବେଳେବେଳେ ସେଗୁଡ଼ିକ ପୂର୍ବ ଅପେକ୍ଷା ଆହୁରି ଭଲ ହୋଇଯାଏ | ।ଏହା ଅନେକ ଭାବେ ହୋଇପାରେ - ବଳିଷ୍ଠତା, ବିଘ୍ନକୁ ପ୍ରତିହତ କରିବାର କ୍ଷମତା ଦ୍ୱାରା ଏହା ହାସଲ କରାଯାଇପାରେ; ସ୍ଥିରତା, ଏକ ବଡ଼ ବିଘ୍ନ ପରେ ମୂଳ ସ୍ଥିତିକୁ ଫେରିବାର କ୍ଷମତା; କିମ୍ୱା ଆଡାପ୍ଟେସନ୍, କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷମ ଏବଂ ବଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ସିଷ୍ଟମ୍ ନିଜେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିବାର କ୍ଷମତା | ଏପରି ବ୍ୟବସ୍ଥାଗୁଡିକୁ ଜଟିଳ ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା କୁହାଯାଏ |

ଉଦାହରଣ:

- ଏକ ରୋଗ ପ୍ରତିରୋଧକ ପ୍ରଣାଳୀ କ୍ରମାଗତ ଭାବରେ ଜୀବାଣୁ ବିଷୟରେ ଶିଖେ |
- ଏକ ଉଇ ଉପନିବେଶ ଯାହା ନିଜର ହୁଙ୍କାରେ ହୋଇଥିବା କ୍ଷୟକ୍ଷତିର ମରାମତି କରେ |
- କୋଟି କୋଟି ବର୍ଷର ଇତିହାସରେ ଅନେକ ସଙ୍କଟ ଘଟଣାରୁ ବଞ୍ଚିଥିବା ଭୂ-ଜୀବନ |

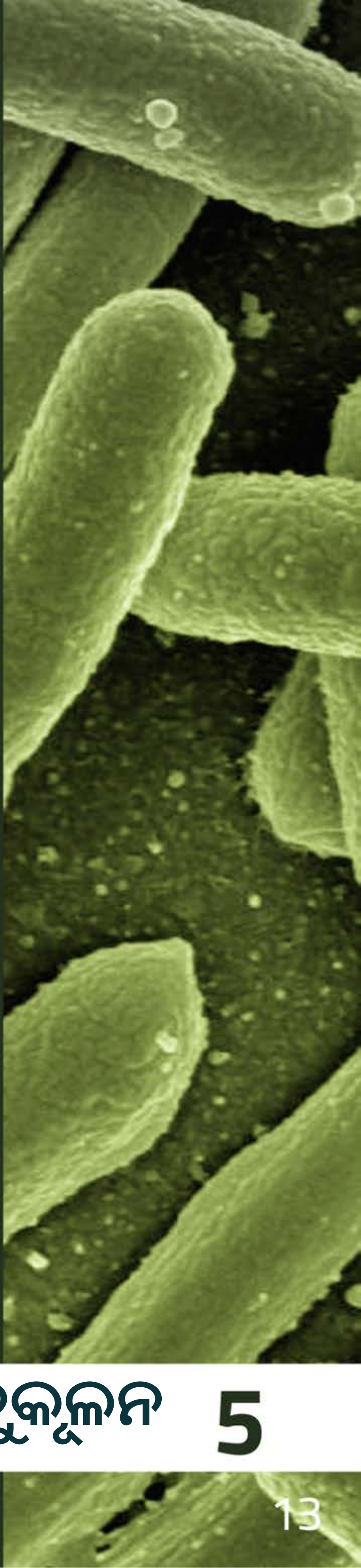
ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଧାରଣା:

ଶିଖିବା, ଅନୁକୂଳନ, ବିବର୍ତ୍ତନ, ଫିଟନେସ୍ ଲ୍ୟାଣ୍ଡସ୍କେପ୍, ସ୍ଥିରତା, ବିବିଧତା, ଜଟିଳ ଆଡାପ୍ଟିଭ୍ ସିଷ୍ଟମ୍, ଜେନେଟିକ୍ ଆଲଗୋରିଦମ, କୃତ୍ରିମ ଜୀବନ, କୃତ୍ରିମ ବୁଦ୍ଧି, ସ୍ୱଚ୍ଛ ବୁଦ୍ଧି, ସୃଜନଶୀଳତା, ମୁକ୍ତି

ସନ୍ଦର୍ଭ:

Holland, John Henry. *Adaptation in Natural and Artificial Systems* [ପ୍ରାକୃତିକ ଓ କୃତ୍ରିମ ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଅନୁକୂଳନ]. MIT press, 1992.

Solé, Ricard y Elena, Santiago F. *Viruses as Complex Adaptive Systems* [ଜଟିଳ ଅନୁକୂଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଭାବେ ଭୁତାଣୁ]. Princeton University Press, 2018.



ଅନ୍ତର୍ବିଷୟତା

ଜଟିଳତା ବିଜ୍ଞାନ ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟରେ ଥିବା ସିଷ୍ଟମ୍/ବ୍ୟବସ୍ଥା କୁ ବୁଝିବା ଏବଂ ପରିଚାଳନା କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରିବ |

"ଏହା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବୃଥା ହୋଇନପାରେ, ତଥାପି, ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା ମଧ୍ୟରେ ସାଧାରଣ ଗୁଣ ଖୋଜିବାକୁ ...ମତାମତ ଏବଂ ସୂଚନାର ଧାରଣା ବିଭିନ୍ନ ପରିସ୍ଥିତି ଦେଖିବା ପାଇଁ ଏକ ବିଚାରଧାରା ପ୍ରଦାନ କରେ |"

– ହର୍ବର୍ଟ ସାଇମନ୍

ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ, ଜୀବ ବିଜ୍ଞାନ, ପରିବେଶ ବିଜ୍ଞାନ, ସାମାଜିକ ବିଜ୍ଞାନ, ଅର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ, ବ୍ୟବସାୟ, ପରିଚାଳନା, ରାଜନୀତି, ମନୋବିଜ୍ଞାନ, ନରବିଜ୍ଞାନ, ମେଡିସିନ୍/ଡାକ୍ତରୀ, ଇଞ୍ଜିନିୟରିଂ/ପ୍ରକୌଶଳ, ସୂଚନା ପ୍ରଯୁକ୍ତିବିଦ୍ୟା ଏବଂ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ ବୃତ୍ତିଗତ ବିଷୟରେ ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଦେଖାଯାଏ | ସୋସିଆଲ ମିଡିଆ ଏବଂ ମୋବାଇଲ୍ ଟେକ୍ନୋଲୋଜି ଠାରୁ ଆରମ୍ଭ କରି ସ୍ୱୟଂଶାସିତ ଯାନ ଏବଂ ବ୍ଲକ୍ ଚେନ୍ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅନେକ ଅତ୍ୟାଧୁନିକ ଜ୍ଞାନକୌଶଳ, ଜଟିଳ ଗୁଣ ଉତ୍ପାଦନ କରେ ଯାହା ସାମାଜିକ କଲ୍ୟାଣ ପାଇଁ ବୁଝିବା ଏବଂ ପୂର୍ବାନୁମାନ କରିବା ପାଇଁ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ | ଜଟିଳତା ବିଜ୍ଞାନର ଏକ ମୁଖ୍ୟ ଧାରଣା ହେଉଛି ବିଶ୍ୱଜଣୀନତା, ଯାହା ହେଉଛି ଏହି ଧାରଣା ଯେ ବିଭିନ୍ନ ବିଷୟରେ ଥିବା ସିଷ୍ଟମ୍ ବା ବ୍ୟବସ୍ଥାଗୁଡ଼ିକ ସାଧାରଣ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ବୈଶିଷ୍ଟ୍ୟ ସହିତ ଘଟଣା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରନ୍ତି ଯାହା ସମାନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମଡେଲ ବ୍ୟବହାର କରି ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଇପାରେ | ଏହି ଧାରଣାଗୁଡ଼ିକ ଏକ ନୂତନ ବହୁମୁଖୀ ଗାଣିତିକ / ଗଣନାକାରୀ ବିଚାରଧାରା ଆବଶ୍ୟକ କରେ |

ଜଟିଳତା ବିଜ୍ଞାନ ଏକ ବିସ୍ତୃତ, ବହୁ-ଶୃଙ୍ଖଳିତ ବିଶ୍ଳେଷଣାତ୍ମକ ଆଭିମୁଖ୍ୟ ପ୍ରଦାନ କରିପାରିବ ଯାହାକି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିଷୟ ଉପରେ ଧ୍ୟାନ ଦେଉଥାଏ ପାରମ୍ପାରିକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଭିମୁଖ୍ୟକୁ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିପରିବ |

ଉଦାହରଣ:

- ବିଭିନ୍ନ ସୂଚନା ପ୍ରକ୍ରିୟାକରଣ ପ୍ରଣାଳୀର ସାଧାରଣ ଗୁଣ (ସ୍ନାୟୁ ପ୍ରଣାଳୀ, ଇଣ୍ଟରନେଟ୍, ଯୋଗାଯୋଗ ଭିତ୍ତିଭୂମି)
- ବିଭିନ୍ନ ବିସ୍ତାର ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ମିଳୁଥିବା ବିଶ୍ୱବ୍ୟାପୀ ପ୍ରତିରୂପ (ମହାମାରୀ, ଫ୍ୟାଡ୍, ଜଙ୍ଗଲ ଅଗ୍ନିକାଣ୍ଡ)

ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଧାରଣା:

ବିଶ୍ୱବ୍ୟାପୀ, ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରୟୋଗ, ମଲ୍ଟି- / ଇଣ୍ଟର- / କ୍ରସ୍- / ଟ୍ରାନ୍ସ-ଅନୁଶାସନ, ଅର୍ଥନୀତି, ସାମାଜିକ ପ୍ରଣାଳୀ, ଇକୋସିଷ୍ଟମ୍, ସ୍ଥିରତା, ବାସ୍ତବ-ବିଶ୍ୱ ସମସ୍ୟାର ସମାଧାନ, ସାଂସ୍କୃତିକ ପ୍ରଣାଳୀ, ଦୈନନ୍ଦିନ ଜୀବନ ନିଷ୍ପତ୍ତି ପାଇଁ ପ୍ରାସଙ୍ଗିକତା |

ସନ୍ଦର୍ଭ:

Thurner, Stefan, Hanel, Rudolf and Klimek, Peter. *Introduction to the Theory of Complex Systems*
[ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା ସିଦ୍ଧାନ୍ତର ପରିଚୟ].
Oxford University Press, 2018.

Page, Scott E.
The Model Thinker
[ମଡେଲ୍ ଚିନ୍ତକ].
Hachette UK, 2018.

ଅନ୍ତର୍ବିଷୟତା 6

ପ୍ରଣାଳୀ

ଗାଣିତିକ ଏବଂ ଗଣନା ପ୍ରଣାଳୀଗୁଡ଼ିକ ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଅଧ୍ୟୟନ ପାଇଁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଉପକରଣ ଅଟନ୍ତି ।

"ସମସ୍ତ ମଡେଲଗୁଡିକ ଭୁଲ, କିନ୍ତୁ କେତେକ ଉପଯୋଗୀ।"
– ଜର୍ଜ ବକ୍ସ

ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଅନେକ ପରିବର୍ତନଶୀଳ ରାଶି ଏବଂ ବିନ୍ୟାସ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ଯାହାକି କେବଳ ଆନ୍ତରିକତା କିମ୍ବା କାଗଜ-ଏବଂ-କଲମ ଗଣନା ସହିତ ଅନୁସନ୍ଧାନ କରାଯାଇପାରିବ ନାହିଁ। ଏହା ପରିବର୍ତ୍ତେ, ଉନ୍ନତ ଗାଣିତିକ ଏବଂ ଗଣନାକାରୀ ମଡେଲିଂ, ବିଶ୍ଳେଷଣ ଏବଂ ଅନୁକରଣଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରାୟତଃ ସର୍ବଦା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ଏହି ସିଷ୍ଟମଗୁଡ଼ିକ କିପରି ଗଠନ ହୁଏ ଏବଂ ସମୟ ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ - ତାହା ବୁଝିବା ପାଇଁ। କମ୍ପ୍ୟୁଟର ସାହାଯ୍ୟରେ, ଆମେ କାଳ୍ପନିକ ନିୟମର ଏକ ସେଟ୍ ପ୍ରକୃତିରେ ଦେଖାଯାଇଥିବା ଆଚରଣକୁ ବର୍ଣ୍ଣନା କରିପାରେ କି ନାହିଁ ତାହା ଯାଞ୍ଚ କରିପାରିବା, ଏବଂ ତା'ପରେ ସେହି ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ବିଷୟରେ ଆମ ଜ୍ଞାନକୁ ବ୍ୟବହାର କରି ବିଭିନ୍ନ "କ'ଣ-ଯଦି" ପରିସ୍ଥିତିର ଭବିଷ୍ୟବାଣୀ କରିପାରିବା। ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାରୁ ଆସୁଥିବା ବିଭିନ୍ନ ତଥ୍ୟକୁ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରିବା ପାଇଁ କମ୍ପ୍ୟୁଟର ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ କାରଣ ଏହା ଲୁକ୍କାୟିତ ପ୍ରତିରୂପଗୁଡ଼ିକୁ ପ୍ରକାଶ ଏବଂ ଭିଜୁଆଲାଇଜ୍ କରିଥାଏ ଯାହା ମାନବ ଆଖିକୁ ଦୃଶ୍ୟମାନ ହୁଏ ନାହିଁ। ଏହି ଗଣନା ପଦ୍ଧତିଗୁଡ଼ିକ ନୂତନ ଆବିଷ୍କାର କରିପାରେ ଯାହା ଆମ ପ୍ରକୃତିର ଜ୍ଞାନ ଏବଂ ପ୍ରଶଂସାକୁ ଆହୁରି ଗଭୀର କରିପାରେ।

ଉଦାହରଣ:

- ପକ୍ଷୀମାନଙ୍କର ଗୋଷ୍ଠୀ ଉଡିବା ବ୍ୟବହାର ପାଇଁ ଏଜେଣ୍ଟ-ଆଧାରିତ ମଡେଲିଂ |
- ମସ୍ତିଷ୍କର ଗାଣିତିକ ଏବଂ କମ୍ପ୍ୟୁଟର ମଡେଲ |
- କମ୍ପ୍ୟୁଟର ମଡେଲଗୁଡିକର ଜଳବାୟୁ ପୂର୍ବାନୁମାନ |
- ପଥଚାରୀ ଗତିଶୀଳତାର କମ୍ପ୍ୟୁଟର ମଡେଲ |

ପ୍ରାସଙ୍ଗିକ ଧାରଣା:

ମଡେଲିଂ, ସିମୁଲେସନ୍, ଡାଟା ଆନାଲିସିସ୍, ପଦ୍ଧତି, ଏଜେଣ୍ଟ-ଆଧାରିତ ମଡେଲିଂ, ନେଟୱାର୍କ ବିଶ୍ଳେଷଣ, ଖେଳ ଥିଓରୀ, ଭିଜୁଆଲାଇଜେସନ୍, ନିୟମ

ସନ୍ଦର୍ଭ:

Pagels, Heinz R.
The Dreams of Reason: The Computer and the Rise of the Sciences of Complexity
[ତର୍କର ସ୍ୱପ୍ନ: କମ୍ପ୍ୟୁଟର ଏବଂ ଜଟିଳତାର ବିଜ୍ଞାନର ଉତ୍ଥାନ].
Bantam Books, 1989.

Sayama, Hiroki.
Introduction to the Modeling and Analysis of Complex Systems [ଜଟିଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ମଡେଲିଂ ଏବଂ ଆନାଲିସିସ୍ ସହିତ ପରିଚୟ].
Open SUNY Textbooks, 2015.

ପ୍ରଣାଳୀ 7

"ମୁଁ ଭାବୁଛି ପରବର୍ତ୍ତୀ [ଏକବିଂଶ] ଶତାବ୍ଦୀ
ଜଟିଲତାର ଶତାବ୍ଦୀ ହେବ |"
– ଷ୍ଟିଫେନ୍ ହକିଙ୍ଗ

ଯୋଗଦାନକାରୀ :

Manlio De Domenico*, Chico Camargo, Carlos Gershenson, Daniel Goldsmith, Sabine Jeschonnek, Lorren Kay, Stefano Nichele, José R. Nicolás, Thomas Schmickl, Massimo Stella, Josh Brandoff, Ángel José Martínez Salinas, Hiroki Sayama*

(* ଯୋଗାଯୋଗ: mdedomenico[at]fbk.eu)

ଶ୍ରେୟ :

ପରିକଲ୍ପିନା ଏବଂ ସମ୍ପାଦନା : ***Serafina Agnello***

serafina.agnello[at]gmail.com

in Serafina Agnello

ନିମ୍ନଲିଖିତ ବ୍ୟକ୍ତିମାନଙ୍କୁ, ମତାମତ ପ୍ରଦାନ କରିଥିବାରୁ ବିଶେଷ ଧନ୍ୟବାଦ

Hayford Adjavor, Alex Arenas, Yaneer Bar-Yam, Rogelio Basurto Flores, Michele Battle-Fisher, Anton Bernatskiy, Jacob D. Biamonte, Victor Bonilla, Dirk Brockmann, Victor Buendia, Seth Bullock, Simon Carrignon, Xubin Chai, Jon Darkow, Luca Dellanna, David Rushing Dewhurst, Peter Dodds, Alan Dorin, Peter Eerens, Christos Ellinad, Diego Espinosa, Ernesto Estrada, Nelson Fernández, Len Fisher, Erin Gallagher, Riccardo Gallotti, Pier Luigi Gentilli, Lasse Gerrits, Nigel Goldenfeld, Sergio Gómez, Héctor Gómez-Escobar, Alfredo González-Espinoza, Marcus Guest, J. W. Helkenberg, Stephan Herminghaus, Enrique Hernández-Zavaleta, Marco A. Javarone, Hang-Hyun Jo, Pedro Jordano, Abbas Karimi, J. Kasmire, Erin Kenzie, Tamer Khraisha, Heetae Kim, Bob Klapetzky, Brennan Klein, Karen Kommerce, Roman Koziol, Roland Kupers, Erika Legara, Carl Lipo, Oliver Lopez-Corona, Yeu Wen Mak, Vivien Marmelat, Steve McCormack, Dan Mønster, Alfredo Morales, Yamir Moreno, Ronald Nicholson, Enzo Nicosia, Sibout Nooteboom, Dragan Okanovic, Charles R Paez, Julia Poncela C., Francisco Rodrigues, Jorge P. Rodríguez, Iza Romanowska, Pier Luigi Sacco, Joaquín Sanz, Samuel Scarpino, Alice Schwarze, Nasser Sharareh, Keith Malcolm Smith, Ricard Sole, Keith Sonnanburg, Cédric Sueur, Ali Sumner, Michael Szell, Ali Tareq, Adam Timlett, Ignacio Toledo, Leo Torres, Paul van der Cingel, Ben van Lier, Jeffrey Ventrella, Alessandro Vespignani, Joe Wasserman, Kristen Weiss, Daehan Won, Phil Wood, Nicky Zachariou, Mengsen Zhang, Arshi, Brewingsense, Complexity Space Consulting, Raoul, Systems Innovation, The NoDE Lab.

ଓଡିଆ ଅନୁବାଦ:

Anshuman Swain (ଅଂଶୁମାନ ସ୍ୱାଇଁ)
ଯୋଗାଯୋଗ: answain[at]umd.edu

__Serafina Agnello__
ସଂସ୍କରଣ 1.0 (13 ମଇ 2019) (ଇଂରାଜୀ)
ଓଡିଆ ଅନୁବାଦିତ ସଂସ୍କରଣ : 11 ମାର୍ଚ୍ଚ 2020 |