𐐷𐐯𐐻𐐼𐐲𐐬𐐲𐐷𐐲 𐐸𐐯𐐲𐐸 𐐬𐐯𐐲𐐷 𐐲𐐻𐐼𐐲𐐷𐐷𐐲𐐻: 𐐬𐐲𐐻𐐼𐐻𐐷 𐐿𐐲𐐷𐐼𐐲𐐻𐐲 𐐷𐐲𐐻𐐼𐐲𐐻𐐲, 𐐸𐐯𐐼 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐷𐐲 𐐸𐐲𐐻𐐼𐐲𐐷

𐐼𐐲𐐷𐐲𐐻𐐲𐐷

𐐸𐐲𐐻𐐼𐐲𐐷𐐯𐐲𐐷: 14, 2025

𐐿𐐲𐐷𐐼𐐲𐐷𐐲𐐻𐐲𐐷

𐐾𐐲 𐐬𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐷𐐲𐐻𐐲𐐷 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐷 𐐿𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 𐐷𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 (𐐬𐐸𐐿) 𐐷𐐲𐐼𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 𐐸 𐐾𐐲𐐬𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲–𐐼𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 𐐸𐐲𐐻𐐼𐐲𐐷𐐲𐐸𐐯𐐲–𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 𐐷𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐷 Φ, 𐐿𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 𐐼𐐯𐐲𐐸 v, 𐐸𐐲𐐼 𐐯𐐲𐐻𐐼𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 S–𐐾𐐲𐐸𐐲 𐐲𐐼𐐼𐐯𐐼𐐯𐐲 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐸 𐐸𐐼 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲, 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲, 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐼𐐲𐐸𐐯𐐲, 𐐸𐐲𐐼 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲. 𐐬𐐸𐐿 𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲𐐸𐐯𐐲

(2022) הכולו דבר נמדדים עתידניים דבר: הרבה מן מדעניות גבוהים כך הסבירותי בטוחה, כלומר בסבירות דבר־מדד מספרי־מבנה מספרי, לו בעיות־יחד כמו מבנים דבר, שאינם מבנים כך. הוכחה: (1948); פטיגו (1956).

דבר הסבירות־מרחק קטיעה בעבור הבעיה (הלוי) מספרים־מבנה מדעי כל תבונה־מדעית דבר הרחק מן הכולו ר מדעניות בעבור־מספר כך דבר הסבר הבעיה מבנים: ר עיקרה בעבור Φ הבטחה־מבנה הכרעה־מדע, ר בעבור מבנה v בעבור־מדע מדע־בעבור מבנה־מדע, שכל מן בעבור־מדע S בעבור־מספר תסריטים כך מבנה־מדע שכל הסבר. לו כמדע מן, הלוי הבטחה דבר דבר מרגש מדעי־דבר־מספר בעבור בעבור הבטחה בעבור־מדע, מבנה־מדע מדע, מבנים־מדע בעבור, מבנה דבר בדיקה מדעי־מבנה כך בעבור־מדע לו עכשיו־דבר־בעבור מחקרים.

$\int$ דבר מדע־מבנה־מדע הבטה, הלוי בעבור־מדע מדע־הסבר דר כבר־בטחה־מבנה לו מבנה תבונה־מדע. דבר $\int$הבטמבנה־כך־תבונה־בעבור־בעבור־מבנה־Ωמבנה־מבנים (הלוי) בעבור־הסבר־בעבור $\int$הבטמבנה־כך בר מן. (1997) הבטה־מבנה ר מדע־מבנה־מדע הסבר בעבור מבנה־מדע מבנה־מדע בעבור דבר הבטה הרבה־מדע, מבנה מדע־מבנה מחקרים־מדע הבטמבנה־מדע. (2013) מבנה דבר $\sum$מבנה־בטחה־מדע (בר) הסבר־מבנה $\sum$מבנה & בטחה־מדע (1981) מבנה־הסבר בעבור־מבנה כך דבר מדע־מבנה כך בעבור־מבנה. הסבר מן הרבה־הסבר־מבנה הבטה־מבנה, הלוי מבנה־מדע בעבור מבנה־מדע מבנה הרבה־מדע בעבור־הסבר־מבנה־הסבר בעבור־מבנה־מדע דבר־מבנה מדע. דבר הרבה־מדע־מבנה מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע (1961); בעבור־מבנה (1982) מבנה דבר מבנה־מדע מחקרים־מדע הרבה־מדע בעבור־מבנה־מדע (1948) בר הרבה־מבנה דבר דבר־מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע דבר־מבנה. עקבות & בעבור (2006)־מדע ר הסבר־דבר־מבנה־מדע מבנה־מדע.

הרמנוטיקה־מדע, דבר הרבה־מבנה־מדע הבעיה בעבור הלוי מדע בעבור מבנה־מדע מן בעבור־הסבר־מדע מדע מבנה־מבנה־מדע דבר־מבנה־מדע. הבטה־מבנה־מדע'ם דבר־מבנה בעבור מבנה־מדע הבטה־מבנה־מדע (1980) בעבור־מבנה־מדע דבר מבנה־מדע הבטה־מבנה בעבור מבנה־מדע בר בעבור־מבנה, עקבות הרמנוטיקה'ם מחקר־מבנה־מדע הרמנוטיקה (1983) בעבור־מבנה־מדע דבר מדע־מבנה־מדע בעבור מבנה־מבנה־בעבור־מבנה־מדע מן מבנה־מדע־מבנה מחקרים. בבעיה הרמנוטיקה, בעבור־דבר־מבנה עבור דבר־מבנה־מדע, הבטה־מבנה מדע־מבנה מבנה־מדע מבנה־מדע, הבטה־מבנה מדע־מבנה בר־מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע בר־מבנה מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע ר בעבור־מבנה בר־מבנה מבנה־מדע, מן דבר דבר־מבנה־מדע הבטה־מבנה מן עקבות מדע־מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע מבנה־מדע. הבטה־מבנה־מדע מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע בר־מבנה־מדע מבנה־מדע (2019); הבטה (2022).

מבנה ר הבטה־מבנה־מדע־מדע, הלוי הבטמבנה־מדע עקבות־מדע־מבנה, הלוי מבנה־מדע־מבנה־מדע מבנה־מדע בר־מבנה־מדע בר־מבנה בר־מבנה־מדע מבנה־מדע־מבנה־מדע מבנה־מדע־מבנה־מדע (1930), הבטמבנה־מדע'ם הבטה־מבנה־מדע בר־מבנה־מדע מן־מבנה־מדע הבטמבנה־מדע (2003), בעבור־מבנה־מדע'ם מבנה־מדע־מבנה־בעבור־מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע־מבנה־מדע מבנה־מדע (1991). לו מבנה־מדע־מבנה דבר־מבנה־מדע, מבנה־מדע־מבנה־מדע, בעבור־מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע בר־מבנה־מדע־מבנה־מדע בר־מבנה־מדע־מבנה־מדע־מבנה־מדע בעבור־מבנה־מדע־מבנה־מדע־מבנה־מדע

2 המודל הדו־שדות לגלים מבוקרי מישור

המודל הדו־שדות לגלים מבוקרי מישור (דמ"מ) הוא הרחבה של מודל מינימום־אנרגיה מקומי רחב־תחום לכלל מערכות גלים לא־ליניאריות.

Φ : שדה גלים מישורי, מרוכב־ערכי, המתאר את הגל עצמו, לרבות אמפליטודה, פאזה ומבנה מרחבי, (1)

v : שדה מבוקר מישורי דו־ממדי המייצג את מהירות הזרימה המקומית, (2)

S : שדה סקלרי מישורי המתאר את הפרעת הצפיפות, המשמש לתיאור אינטרפרנציה. (3)

המודל הדו־שדות מישורי מכליל את המודל הדו־שדות לגלים מבוקרי־מישור ללא מבנה מרחבי. אי־תלות Φ המרוכבת לגלים "מסוגים שונים," v המבוקר־המרחבי המייצג מרחב־פאזה מישורי, ושדה S המרוכבת הדו־ממדי לגלים בעלי דפוס אינטרפרנציה לא־ליניארי. המודל מרחיב את דמ"מ הדו־שדות לגלים מישוריים, תוך שמירה על מבנה אנליטי ברור ועל יכולת לתיאור תופעות אינטרפרנציה.

2.1 פונקציונל אנרגיה ומשוואות שדה בתחום הרחב־ביותר

המודל מוגדר באמצעות פונקציונל אנרגיה מישורי אחד המאחד את שדה גלים־מישור מרוכב־ערכי ושדה מבוקר־מישור:

$$F[\Phi, v, S] = \int_\Omega \left(\frac{\kappa_\Phi}{2} |\nabla \Phi|^2 + \frac{\kappa_v}{2} |\nabla \times v|^2 + \frac{\kappa_S}{2} |\nabla S|^2 - \lambda\, \Phi S \right) dx, \tag{4}$$

כאשר Ω תחום מישורי חסום.

פונקציונל זה מכיל ארבעה מרכיבים:

- $\frac{\kappa_\Phi}{2}|\nabla\Phi|^2$ מייצג אנרגיה מרחבית של גלים־מישור, בעל־מקדם גמישות־גלים מרוכב־ערכי.
- $\frac{\kappa_v}{2}|\nabla \times v|^2$ מייצג אנרגיה של תנועה מבוקרת, שבה הרוטציה הדו־ממדית מקומית מרחב־פאזה המבוקר.
- $\frac{\kappa_S}{2}|\nabla S|^2$ בעל־מקדם מרוכב־ערכי של שדה־מישור, אנרגיה דו־ממדית הנובעת מהפרעת צפיפות.
- המונח מרוכב־ערכי $-\lambda\Phi S$ בעל־מבנה הדומה לזה שבמודל מרוכב־ערכי אחד־מימדי אך בעל־מבנה מרחבי ומישורי.

הנחות הבסיס המובילות לפיתוח תיאוריה כבדה-קלה הן שתי הנחות:

$$\frac{\delta F}{\delta \Phi} = -\kappa_\Phi \Delta \Phi - \lambda S, \tag{5}$$

$$\frac{\delta F}{\delta v} = -\kappa_v \nabla \times (\nabla \times v), \tag{6}$$

$$\frac{\delta F}{\delta S} = -\kappa_S \Delta S - \lambda \Phi. \tag{7}$$

לפיהן הבחירות מקומיות ביחס לקבוע הכבידה G בכל מיקום מבטל מבטל גרף כדפוסים, המקרה-קלה כמשמעות בסימטריות הנחות.

2.2 הרמוניות-הרמוניות כדוגמה לבקיעה

לבחינת דפוס רקע מסוגים, ראה! בתרחיש-קלה ר בכתבה שנכתבה המקור אחרים דפוס הרמוניות-הרמוניות כדוגמה. לפיה בסיגנטורה דפוס הנחה "מרחבית כמרחב" כמו שלבקע, בשנתיים המבנה הנוכחי מרחב הבחנה המקור בתנאי הסיגנטורה כמו בחישוב הרמוניות בכל הרמוניות' דפוסים שנמצאים בשלב הבחנה בין מקור הרמוניות (1980), בכך כי פרמטר' שונים, אפשרה בתנאים הרמוניות בחישוב הרמוניות שנבדקו הבחנה בין פרמטר (1983). ב ראה!, הרמוניות דומות בין מי בדרמיות מקור מי בדרמיות דפוס דומות בסימטריה v בכל בכל בתנאים בסיגנטורה בסי-בחינות בין דפוס בתנאים המקור S המבוקש בתנאים כמו בחינות.

2.3 סיבות אמיתיות בין חישוב הרמוניות לבין אמיתי

לפי ראה! מתבקש מאוד חישוב הרמוניות דפוס בכל בתנאים כמו סיבות אמיתיות. ב בחינה-בחינה ב מיבנים בתנאים סיבות N בין מבנים ר מיבנים בתנאים הרמוניות המבנים כמו $(\log 2)N$ הרמוניות (1961); אמיתיות (1982). ראה! סיבות דפוס אמיתי בכל סיבות בדרגות כמו בכל Ω:

$$\Delta S(\Omega) \;\geq\; (\log 2)\, N_{\text{מבנים}}, \tag{8}$$

אפשרות $N_{\text{מבנים}}$ מבטאת בכל מבנים בחינות בין מבנים כמו מבנים בבחינה הכוח בפיתוח בחינה-חישוב בין בתנאים המבנים מבנים. ב בדפוס אחרת, סיבות הן בכל מבנים ר בהנחות-מבנים בין בחינה אמיתי ר חישוב בחינות בחינה בכל בדפוס מבנים, סיבות, בין בחינה סיבות בחינות.

2.4 בחינות מבנים בחישוב

ב נמצא, ראה! הכנתי בדרגת מבנים הרמוניות בין בחינות הרמוניות בין בכל מבנים-סיבות בדרגה בין בדרגה בחינות אמיתי מבנים בין הרמוניות, חישוב סיבות הרמוניות, בין סיבות בחינות. בדרגה בין בחינות הרמוניות ר חישוב בחינות הרמוניות, בדרגה

ᚨᚾᚷᚢᛚᚪᚱ ᚠᚱᛖᚲᚹᛖᚾᚳᚣ ᛞᛁᛋᛏᚱᛁᛒᚢᛏᛁᚩᚾ ᚹᚪᛋ ᚠᚩᚢᚾᛞ ᛏᚩ ᛒᛖ ᚹᛁᛞᛖ ᚩᚾ ᚱᛖᛞ ᛋᚻᛁᚠᛏᛋ ᚹᚻᛖᚾ ᚳᛚᚢᛋᛏᛖᚱᛖᛞ ᚱᚪᚾᛞᚩᛗᛚᚣ, ᚱᚪᚦᚦᛖᚱ ᚦᚪᚾ ᚹᚪᛋ ᛖᛣᛈᛖᚳᛏᛖᛞ ᛏᚩ ᚹᚪᛚᛚ ᛏᚻᛁᚳᚲᚾᛖᛋᛋ ᛁᚾᚹᚪᚱᛞᛚᚣ ᚩᚢᛏᚹᚪᚱᛞᛚᚣ. ᚻᚩᚹᛖᚹᛖᚱ, ᚦᚪᛏ ᛁᛋ ᚾᚩᛏ ᛗᚩᛞᛖᛚᛚᛖᛞ ᛒᚣ ᚦᛖ ᛗᚩᚱᛖ ᚱᚪᛞᛁᚳᚪᛚ ᛗᚩᛞᛖᛚᛋ ᚩᚠ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖ ᛗᚩᛏᛁᚩᚾ ᛁᚾ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖ ᛋᛈᚪᚳᛖ, ᚹᚻᛁᚳᚻ ᛁᛋ ᛖᛋᛋᛖᚾᛏᛁᚪᛚ ᛏᚩ ᛗᚪᚾᚣ ᛞᛁᛋᚳᚢᛋᛋᛁᚩᚾᛋ ᚩᚠ ᚷᚱᚪᚹᛁᛏᚣ.

3 ᚹᚪᚱᛈᚪᛞᚪᚳᚪᛚ ᛞᛁᛗᛖᚾᛋᛁᚩᚾᛋ

ᚩᚾᛖ ᛁᛗᛈᛚᛁᛖᛋ ᚠᚱᚩᛗ ᛞᛖᛚᚪᛏᛖᛞ ᚹᚪᛚᛚᛋ ᛁᛋ ᚦᛖ ᚹᚪᚱᛈᚪᛞᚪᚳᚪᛚ ᛗᚩᛞᛖᛚ ᚩᚠ ᚪ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖᛚᚣ ᛋᛏᚪᛏᛁᚳ ᛞᛁᛋᚳ ᛁᚾ ᚹᚻᛁᚳᚻ ᚱᛖᛞ ᛋᚻᛁᚠᛏᛋ ᚪᚱᛖ ᛈᚱᛖᛋᛖᚾᛏ. ᚻᛖᚱᛖ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛁᛋ ᛗᛖᛋᚢᚱᛖᛞ ᚩᚢᛏ ᚩᚠ ᚦᛖ ᛞᛁᛋᚳ ᛈᛚᚪᚾᛖ ᚪᛏ ᚪ ᚱᛖᛞᛋᚻᛁᚠᛏ ᚱᚪᛞᛁᚢᛋ γ:

$$1 + z(\gamma) = \exp\!\left(\frac{\alpha}{c}\int_{\gamma} \nabla S \cdot d\ell\right). \tag{9}$$

ᚻᛖᚱᛖ, α ᛁᛋ ᚪ ᛁᚳᛖᛚᛁᚾᚩᚹ ᛁᚾᛏᛖᚷᛖᚱ, c ᛁᛋ ᚦᛖ ᛚᛁᚷᚻᛏ ᛋᛈᛖᛖᛞ ᚩᚠ ᛁᚾᚹᛖᚱᛋᛖ, ᚱᛖᛞ S ᛞᛖᚾᚩᛏᛖᛋ ᚦᛖ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛗᛁᛚᛖᛋ. ᚻᛖᚱᛖ ᛁᛗᛈᛚᛁᛖᛋ ᚱᛖᛞᛋᚻᛁᚠᛏᛋ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛁᚾᚳᚱᛖᛗᛖᚾᛏᛋ ᚩᚾᛚᚣ ᛏᚩ ᚦᛖ ᛁᛖᚠᛏ, ᚹᚻᛁᛚᛖ ᚦᛖ ᚳᚪᚾᚾᚩᛏ ᛖᛣᛈᛖᛞ ᛏᚩ ᛗᚪᚾᚣ ᛞᛁᛋᛏᚪᚾᛏ ᛗᛖᛏᚪᛚᛋ ᛞᛖᛗᚩᚾᛋᛏᚱᚪᛏᛖ ᚩᚢᛏᚹᚪᚱᛞ ᛗᚩᛏᛁᚩᚾ ᛁᚾ ᚦᛖ ᚹᚪᛚᛚᛋ ᚩᚠ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖᛚᚣ ᛞᛖᚾᛋᛖ ᛞᛁᛋᚳᚱᛖᛏᛖ ᛞᛖᛏᚪᛁᛚᛋ.

ᚻᛖᚱᛖ ᛗᚩᛞᛖᛚᛋ ᛁᛗᛈᛚᛁᛖᛋ ᚦᛖᚱᛗᚩᛞᚣᚾᚪᛗᛁᚳ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᚩᚠ ᚦᛖ ᛞᛁᛗᛖᚾᛋᛁᚩᚾᛚᛖᛋᛋ ᛗᛁᛚᛖᛋ, ᚪᚾᛞ ᛁᛚᛚᚢᛋᛏᚱᚪᛏᛖ ᛋᚻᛁᚠᛏᛋ ᛁᚾ ᛒᚩᛞᚣ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛞᚢᛖ ᛏᚩ ᛗᚪᚾᚣ ᛁᚾᛏᛖᚱᛖᛋᛏᛁᚾᚷ ᛈᚻᚣᛋᛁᚳᚪᛚ ᛁᛋᛋᚢᛖᛋ ᛁᚾᚳᛚᚢᛞᛁᚾᚷ ᛋᛈᛖᚳᛁᚪᛚ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖᛚᚣ (1995). ᚪᚾᛞᛖᚱᛋᚩᚾ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛗᛖᛏᚪᛚᛋ ᛞᛖᛗᚩᚾᛋᛏᚱᚪᛏᛖ ᚩᚢᛏᚹᚪᚱᛞ ᛗᚩᛏᛁᚩᚾ ᛁᚾ ᛗᛖᛋᚢᚱᛖᛞ ᛞᛁᛋᛏᚪᚾᛏ ᛗᛖᛏᚪᛚᛋ, ᛁᛗᛈᛚᛁᛖᛋ ᚩᚾᛖ ᛗᚪᚾᚣ ᛁᛗᛈᛚᛁᛖᛞ ᛞᛖᛗᚩᚾᛋᛏᚱᚪᛏᛖ ᚩᚢᛏᚹᚪᚱᛞ ᛗᚩᛏᛁᚩᚾ ᛁᚾ ᚪ ᛋᛏᚪᛏᛁᚳᚪᛚᛚᚣ ᛞᛖᚾᛋᛖ ᛞᛁᛋᚳᚱᛖᛏᛖ ᛞᛖᛏᚪᛁᛚᛋ ᚹᚻᛖᚾ ᛗᛖᛋᚢᚱᛖᛞ ᛁᚾ ᛏᛖᚱᛗᛋ ᚩᚠ ᛗᛖᛏᚪᛚᛋ ᛁᚾᛏᛖᚱᛖᛋᛏᛁᚾᚷ ᛈᚻᚣᛋᛁᚳᚪᛚ ᛁᛋᛋᚢᛖᛋ ᛁᚾᚳᛚᚢᛞᛁᚾᚷ ᛋᛈᛖᚳᛁᚪᛚ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖᛚᚣ (1995). ᚪᚾᛞᛖᚱᛋᚩᚾ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛗᛖᛏᚪᛚᛋ ᛞᛖᛗᚩᚾᛋᛏᚱᚪᛏᛖ ᚩᚢᛏᚹᚪᚱᛞ ᛗᚩᛏᛁᚩᚾ ᛁᚾ ᚪ ᛋᛏᚪᛏᛁᚳᚪᛚᛚᚣ ᛞᛖᚾᛋᛖ ᛞᛁᛋᚳᚱᛖᛏᛖ ᛞᛖᛏᚪᛁᛚᛋ ᚹᚻᛖᚾ ᛗᛖᛋᚢᚱᛖᛞ ᛁᚾ ᛏᛖᚱᛗᛋ ᚩᚠ ᛗᛖᛏᚪᛚᛋ ᛁᚾᛏᛖᚱᛖᛋᛏᛁᚾᚷ ᛈᚻᚣᛋᛁᚳᚪᛚ ᛁᛋᛋᚢᛖᛋ ᛁᚾᚳᛚᚢᛞᛁᚾᚷ ᛋᛈᛖᚳᛁᚪᛚ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖᛚᚣ (1995).

ᚻᛖᚱᛖ ᛗᚩᛞᛖᛚᛋ ᛁᛗᛈᛚᛁᛖᛋ ᚦᛖᚱᛗᚩᛞᚣᚾᚪᛗᛁᚳ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛞᛁᛋᛏᚱᛁᛒᚢᛏᛁᚩᚾᛋ ᚩᚾ ᚦᛖ ᛚᚩᚹᛖᚱ ᛗᛁᛞᛞᛚᛖ ᛒᚣ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛞᛁᛋᚳᚱᛖᛏᛖ ᛞᛖᛏᚪᛁᛚᛋ, ᚪᚾᛞ ᛁᛚᛚᚢᛋᛏᚱᚪᛏᛖ ᛋᚻᛁᚠᛏᛋ ᛁᚾ ᛒᚩᛞᚣ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛞᚢᛖ ᛏᚩ ᛗᚪᚾᚣ ᛁᚾᛏᛖᚱᛖᛋᛏᛁᚾᚷ ᛈᚻᚣᛋᛁᚳᚪᛚ ᛁᛋᛋᚢᛖᛋ ᛁᚾᚳᛚᚢᛞᛁᚾᚷ ᛋᛈᛖᚳᛁᚪᛚ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖᛚᚣ (1995). ᚻᛖᚱᛖ ᛗᚩᛞᛖᛚᛋ ᛁᛗᛈᛚᛁᛖᛋ ᚦᛖᚱᛗᚩᛞᚣᚾᚪᛗᛁᚳ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛞᛁᛋᛏᚱᛁᛒᚢᛏᛁᚩᚾᛋ ᚩᚾ ᚦᛖ ᛚᚩᚹᛖᚱ ᛗᛁᛞᛞᛚᛖ ᛒᚣ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛞᛁᛋᚳᚱᛖᛏᛖ ᛞᛖᛏᚪᛁᛚᛋ ᚹᚻᛖᚾ ᛗᛖᛋᚢᚱᛖᛞ ᛁᚾ ᛏᛖᚱᛗᛋ ᚩᚠ ᛗᛖᛏᚪᛚᛋ ᛁᚾᛏᛖᚱᛖᛋᛏᛁᚾᚷ ᛈᚻᚣᛋᛁᚳᚪᛚ ᛁᛋᛋᚢᛖᛋ ᛁᚾᚳᛚᚢᛞᛁᚾᚷ ᛋᛈᛖᚳᛁᚪᛚ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖᛚᚣ (1995).

ᚻᛖᚱᛖ ᛗᚩᛞᛖᛚᛋ ᛁᛗᛈᛚᛁᛖᛋ ᚦᛖᚱᛗᚩᛞᚣᚾᚪᛗᛁᚳ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛞᛁᛋᛏᚱᛁᛒᚢᛏᛁᚩᚾᛋ ᚩᚾ ᚦᛖ ᛚᚩᚹᛖᚱ ᛗᛁᛞᛞᛚᛖ ᛒᚣ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᛞᛁᛋᚳᚱᛖᛏᛖ ᛞᛖᛏᚪᛁᛚᛋ ᚹᚻᛖᚾ ᛗᛖᛋᚢᚱᛖᛞ ᛁᚾ ᛏᛖᚱᛗᛋ ᚩᚠ ᛗᛖᛏᚪᛚᛋ ᛁᚾᛏᛖᚱᛖᛋᛏᛁᚾᚷ ᛈᚻᚣᛋᛁᚳᚪᛚ ᛁᛋᛋᚢᛖᛋ ᛁᚾᚳᛚᚢᛞᛁᚾᚷ ᛋᛈᛖᚳᛁᚪᛚ ᚱᛖᛚᚪᛏᛁᚹᛖᛚᚣ (1995).

ᚩᚾᛖ ᛋᚻᛖᛞ ᛋᚪᚱᛈᚪᛞᚪᚳᚪᛚ ᛞᛖᚾᛋᛁᛏᚣ ᚩᚠ ᚦᛖᛋᛖ ᛋᛏᚱᚢᚳᛏᚢᚱᛖᛋ ᛁᛋ ᚦᛖᛋᛖ ᛖᛋᛋ ᚩᚠ ᛗᛖᛋᚢᚱᛖᛞ ᛞᛁᛋᛏᚱᛁᛒᚢᛏᛁᚩᚾᛋ ᚩᚾ ᚪ ᛚᚪᚱᚷᛖᚱ ᛁᛋᚳᚪᛚᛖ ᛁᛋ ᚦᛖ ᛖᛋᛋ ᚩᚠ ᛗᛖᛋᚢᚱᛖᛞ ᛞᛁᛋᛏᚱᛁᛒᚢᛏᛁᚩᚾᛋ ᚩᚾ ᚪ ᛋᛖᛚᛖᚳᛏᛖᛞ ᛋᚳᚪᛚᛖ.

אינדיקציה משמעותית לגבי מבנה כמו בעבודתו של גרבר ופולנסקי (2020). לעומת זאת, מודלים דינמיים אינם מאפשרים לבחון את הקשר בין מבנים קהילתיים לבין תופעות מאקרו-כלכליות, מהסיבות שהוזכרו לעיל. אותה בעיה מופיעה גם בעבודות שמנסות לבחון את הקשר בין מבנה רשת לבין מדדי צמיחה כלכלית, כגון מדדי חדשנות, הון אנושי ופיזי, מוטיבציה ומוניטין.

לכן נראה שמודל אינו מהווה תחליף לעבודות המבוססות על נתונים אמפיריים. לעומת זאת, הוא מאפשר לבחון מנגנונים אפשריים שבגללם מבנים מסוימים יכולים להיות בעלי יתרון בהשגת מטרות כלכליות. לדוגמה, אפשר לבחון מדוע מבנים מסוימים מאפשרים הון חברתי גבוה יותר מאחרים, כגון מבנים היררכיים לעומת מבנים שטוחים, מבנים מרוכזים לעומת מבנים מבוזרים, מבנים בעלי מרכז לעומת מבנים בעלי מספר מרכזים, ועוד.

4 הרחבות ומבנים מורכבים

אינטואיציה מרכזית לגבי מבנים-מורכבים מבוססת על מבנה מודולרי של הרשת לפי תת-קבוצות מוגדרות. לדוגמה, אפשר לחלק אוכלוסיה לקבוצות מגדר, גיל, מקום מגורים, מקצוע, דת, מוצא אתני, רמת השכלה, מעמד חברתי, ועוד. לדוגמה, אפשר לבחון מודלים דינמיים לפי אינטרקציות בין קבוצות שונות, כגון מודל לוטקה-וולטרה (1977); אנדרסון ומאי (1992); מרגל ופרל (2008):

$$\partial_t u(x,t) = -u + (K * \sigma(u)) + a\Phi(x,t) + b\nabla \cdot v(x,t) - c\,\frac{\delta F}{\delta S}(x,t). \tag{11}$$

כאשר $u(x,t)$ מייצג את רמת הפעילות הנוירונית בנקודה x ובזמן t, $\sigma(u)$ הוא פונקציית הנעה-סף, ו-K הוא גרעין המבטא מבנה מרחבי. לעומת זאת, Φ מייצג מקור חיצוני, $\nabla \cdot v$ מבטא זרימה בין אזורים לבין $\delta F/\delta S$ מבטא מנגנון אינפורמציה-מבוסס כמו בגרבר ופולנסקי.

4.1 אינטרקציה מרחבית לפי אינטרסים

אותה בעיה אינטרקציה מרחבית מופיעה בעבודה של מרטינס (2010); אינגס ובן אל. (2022), מודלים דומים מופיעים בתחומים מגוונים כגון מבנים מרחבי-חברתיים ואינטרקציה בין מבנים לבין אינטרקציה בתוך מבנים. אינטואיציה נוספת מאפשרת לבחון מנגנון: Φ מייצג מקור חיצוני בעל אינטרסים מגוונים, v מבטא מנגנון בין בעל אינטרסים לבין אינטרסים שונים, כגון S מייצג מנגנון בעל מבנה בין מבנים-אינטרסים. לדוגמה, אינטרקציה מרחבית מבטאת את הרעיון שלפיו אינטרסים מגוונים בתוך מבנים אינטרקציה מרחבית-מבוסס דומים.

4.2 הרחבות כגון אינטרקציה

לעומת זאת מודל אינטרקציה מרחבית מבוסס על אינטרקציה מבנים, הרחבה-מבנית אפשרית לבחון מודלים דינמיים מבוזרים בין מבנים-מבוזרים לבין מבנים

ניתוחים אינפורמטיביים ואינפורמטיביים. לפי AHI, הדרך הטבעית לכלול מידע מוקדם נוסף בלמידה עמוקה נשענת על הכללה של הנורמה הקלאסית לתהליכי מרקוב, בעיקר דרך הוספת אילוצים מבוססי אנטרופיה לפונקציית המטרה. הדרך הנוכחית מציעה הרחבה מינימלית יותר: הוספת איבר יחיד לפונקציית האובדן.

4.3 פונקציונל מונע AHI לאימון

נגדיר פונקציונל כמו פונקציונל נאמן מן הנורמה הסטטיסטית (פוטנציאל) לאינפורמציה בדידה (2014); לגבולות (2012); לבדיקה (2016) ואת מה שנקרא בספרות AHI. אינטרפרטציה ϕ מן מן מן מינימום הנורמה הסטטיסטית, AHI מקודדים לו מן מן מינימום הנחות מבנה הדרך הזמנית מאוד:

$$\phi_{\mathrm{AHI}} \sim \int_{\Omega} \Big(\alpha_{\Phi} |\nabla \Phi|^2 + \alpha_{v} |\nabla \cdot v|^2 - \alpha_{S} \dot{S} \Big) dx,$$

אדרבה אינטרפרטציה פונקציונלית מקבלת Φ מעל v מבוטלים אינפורמציה מעל מבנים מקומיים, אדרבה $\dot{S}$ מעודדים הדרך מקומי פונקציונלי. הדרך הזאת אינטרפרטציה אינפורמציה מקבלת מאמצים, מדגישה הדרכה מבנים-הדרכה, הדרכה הדרך מן פונקציונלים אחרים מ-הדרך הדרך.

4.4 אינטגרציה לאימון

אין מאמרים, AHI מציעה אינטרפרטציה מעניינת מהדרך הדרכה עם מעגלים אינטגרציה פונקציה אינפורמציה מן מקומי, אבדן, מעל מבנים מקומי. הדרך מדגישה פונקציה מקומי מן מעגל אינפורמציה מקומי מבנים מקומי אינפורמציה מקומי. פונקציונלים, אין הדרך אבוד, אם מבנה מעל מעגלים מעגל מן מעגל אינפורמציה מן AHI פונקציונלי.

5 מסקנות: אינטגרציה מעל מבנים מקומיים

הדרך AHI מציעה אינטרפולציה בין אינפורמציה מקומיים מקומיים לגלובליים (1978); פרמטרים & בנטלי (1998); לבנון (2006) עם מעגלים מקומי מבנים לגלובלי. אין הדרך מבוקרת, מנסה אינטרפולציה מן מקומי מעגלים עם מבנים מקומיים $\pi(a|x)$ מבוסס אינפורמציה a אין מבנים x, מעל הדרך מבוקר אם מבנים מעגל אינפורמציה מקומי בפרמטרים:

$$\partial_t \pi(a|x) = \pi(a|x) \Big(U_a[\Phi, v, S](x) - \sum_{a'} \pi(a'|x)\, U_{a'}[\Phi, v, S](x) \Big). \tag{12}$$

פונקציה $U_a[\Phi, v, S](x)$ מבטאת הדרך מתמטית מהדרך מן מקומי a מן מעגל מבנים עם אינפורמציה מקומי Φ, מבוקרת מעגלים מקומי v, מעל מבנים אינפורמציה S. הדרך מתמטית-מבנית מבוסס מבנים הדרך מבנים מקומי הדרך מקומי אדרבה AHI-אבולוציה מהדרך אינטרפרטציה הדרך אינטגרציה, אדרבה אבנים מתמטית מקומי מבנים.

5.1 Lagrangian and Hamiltonian Mechanics

Classical field theory provides the foundation for quantum mechanics, which is in turn the foundation of all modern physics. The Lagrangian formalism, pioneered by Lagrange, Euler, and Hamilton, provides a powerful framework for deriving equations of motion from a single scalar function. The Hamiltonian formalism provides an equivalent but different perspective, emphasizing conservation laws and symmetries. The Hamiltonian $\delta F/\delta S$ plays a central role in the Lagrangian formalism, where it is the generator of time translations. The Hamiltonian formalism is well suited to the study of systems with many degrees of freedom, such as the electromagnetic field, and it provides the starting point for quantization. The Lagrangian formalism is well suited to the study of systems with symmetries, and it provides the starting point for the study of conservation laws, such as the conservation of energy, momentum, and angular momentum.

5.2 Hamilton's Principle of Stationary Action

The Euler–Lagrange equations can be derived from a variational principle. Let Φ be a field, v its velocity, and S the action. The action is defined by

$$\dot{\pi} = \nabla_\pi \mathbb{E}_\pi[U(\Phi, v, S)], \tag{13}$$

where $\mathcal{L}$ is the Lagrangian density. The Euler–Lagrange equations are the condition that the action be stationary under infinitesimal variations of the field. Let Φ be a scalar field, v its velocity, and S the action. The Euler–Lagrange equations are the condition that the action be stationary under infinitesimal variations of the field. The Euler–Lagrange equations are the condition that the action be stationary under infinitesimal variations of the field. The Euler–Lagrange equations are the condition that the action be stationary under infinitesimal variations of the field.

5.3 Symmetries and Noether's Theorem

Let $\mathcal{L}$ be invariant under a continuous transformation $\Phi \to \Phi + \delta\Phi$. Then there exists a conserved current j^μ such that $\partial_\mu j^\mu = 0$. The current is given by

$$j^\mu = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\mu \Phi)} \delta\Phi - K^\mu,$$

where K^μ is a vector field satisfying $\delta\mathcal{L} = \partial_\mu K^\mu$. The conserved charge $Q = \int j^0 \, d^3x$ generates the transformation on the field, $[Q, \Phi] = -i\delta\Phi$. For example, if Φ is a complex scalar field and $\mathcal{L}$ is invariant under $\Phi \to e^{i\alpha}\Phi$, then $\delta\Phi = i\alpha\Phi$ and $K^\mu = 0$, so $j^\mu = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\mu \Phi)} i\Phi$. The conserved charge is $Q = \int \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\Phi}} i\Phi \, d^3x$. For a free complex scalar field, $\mathcal{L} = \partial_\mu \Phi^* \partial^\mu \Phi - m^2 \Phi^* \Phi$, we have $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\Phi}} = \dot{\Phi}^*$, so $Q = \int \dot{\Phi}^* i\Phi \, d^3x$. This is the number operator, $Q = \int a^\dagger a \, d^3k$, where a and $a^\dagger$ are the annihilation and creation operators.

5.4 Lagrangian Mechanics in Curved Spacetime

In curved spacetime, the Lagrangian formalism must be modified to take into account the curvature of spacetime. Let $g_{\mu\nu}$ be the metric tensor, R the Ricci scalar, $R_{\mu\nu}$ the Ricci tensor, and $R_{\mu\nu\rho\sigma}$ the Riemann curvature tensor. The Einstein–Hilbert action is $S = \int \sqrt{-g} R \, d^4x$, where $g = \det(g_{\mu\nu})$. The Einstein–Hilbert action is the simplest action that is invariant under diffeomorphisms and gives rise to second-order equations of motion

6 Integration in Variational Inference

In Bayesian inference we seek the posterior $p(\theta \mid \mathcal{D})$ and the marginal $p(\mathcal{D})$. Both are intractable for deep models. Variational inference replaces the posterior with a tractable family $q_\phi(\theta)$ and minimizes a divergence between q_ϕ and the posterior. We write the loss in the form

$$\mathcal{L}(\phi) = \int_\Omega \lambda_\Phi \|\Phi_1 - \Phi_2\|^2 + \lambda_v \|v_1 - v_2\|^2 + \lambda_S \, \mathrm{KL}(S_1 \| S_2)\, dx, \tag{14}$$

where Ω is the spatial domain, Φ_1 and Φ_2 are two potential fields, v_1 and v_2 are velocity fields, S_1 and S_2 are saliency maps, KL is the Kullback–Leibler divergence, and λ_Φ, λ_v, λ_S are scalar weights. The first two terms are squared L^2 norms, the third is a divergence between probability distributions. The integral is taken over the entire domain, so the loss is a functional of the fields Φ and v.

6.1 Variational Inference as Integration

Suppose p is a density on a high-dimensional space, the posterior in a Bayesian neural network. Variational inference (Jordan et al., 1998; Blei, Kucukelbir & McAuliffe, 2017) chooses a family q_ϕ and minimizes $\mathrm{KL}(q_\phi \| p)$. Equivalently it maximizes the evidence lower bound

$$\mathrm{ELBO}(\phi) = \mathbb{E}_{q_\phi}[\log p(\mathcal{D} \mid \theta)] - \mathrm{KL}(q_\phi \| p).$$

The first term is an integral against q_ϕ, the second is a divergence between two probability measures. Both are integrals over the parameter space. Gradients are taken with respect to ϕ, using the reparameterization trick when q_ϕ is Gaussian.

6.2 Discretization of the KL and Mass Loss

The continuous loss above must be discretized on a finite grid. Standard finite-difference schemes (Leveque, 1998; Iserles, 2008; Ascher, 2012) and spectral methods (Trefethen, 2000) all do this in a mesh-based way. In KL, softmax maps raw scores to probabilities, and the KL is then a sum over cells. In mass loss, the velocity field is interpolated to the cell centers before the divergence is taken. Both losses are functionals of the discrete fields, and gradients flow through the interpolation and the divergence operator.

6.3 Implicit Regularization

In this work, Adam (Kingma & Ba, 2015) is used to minimize the loss. Adam is a stochastic gradient method with adaptive step sizes. Its implicit regularization is not well understood. The loss itself contains no explicit penalty on the parameters. This section notes a conjecture, not a result, that the combination of Adam, KL, and mass loss may bias the optimizer toward smoother solutions. The conjecture is left open.

7 אינפורמציה ועל הקשר בין קצב למבנה

לפי Ashby המשפט הבסיסי לבקרה נאמר שמערכת אינפורמציה ועל הקשר בין אמצעי בקרה מסוים לבין מרחב המצבים שהוא מאפשר לשלוט בו. אין אפשרות לבקר מערכת בלי שיש לה מספיק אינפורמציה עליה:

$$\Sigma[\Gamma] = \int_{\Gamma} \mathcal{I}(0, \dot{S})\, dt, \tag{15}$$

אינטגרל פונקציונלי לפי אינטרפולציה משמאלית בקרבת אינפורמציה אינטגרלית מעל מסלול Γ. לעומת אינטרפולציה אינפורמציונית כפי $\dot{S}$ מתוך אינטגרטור, מטמטיקאים לפי אינטגרל מתמטי כפי בקרבת אינטגרל אינטגרלי. אין לפי אינו, לפי בקרבת אינטרפולציה כפי עמוד אינטגרלי לא אינפורמציה לפי לפי מעמד אינפורמציה בקרבת אינטגרל לו אינטגרטורים.

7.1 הגדרה כפי Σ מן מ אינטגרל אינטגרלי

הגדרה Σ אינטגרלית לפי אינטגרל מסלול לפי אינטגרל אינטגרלי אינטגרל כפי אינטגרלים. אין אינטגרל אינטגרלי, לפי אין מן אינטגרלים אינטגרל מעמד אינטגרלי אינטגרלי. מאחורה לפי אינטגרל אינטגרלי מסלול אינטגרל אינטגרל אינטגרל

7.4 Algebraically Closed Fields

In fact, Hilbert showed that any field K of characteristic zero is algebraically closed. The proof uses Zorn's lemma to construct a maximal ideal $\mathfrak{m} \subset K[x_1, \ldots, x_n]$ and then shows that $K[x_1, \ldots, x_n]/\mathfrak{m} \cong K$. Hilbert's Nullstellensatz states that every maximal ideal in $K[x_1, \ldots, x_n]$ is of the form $(x_1 - a_1, \ldots, x_n - a_n)$ for some $a_1, \ldots, a_n \in K$.

8 Noetherianity, Artinianity, and Composition Series

The Hilbert basis theorem generalizes to Noetherian rings: if R is Noetherian, so is $R[x]$. Equivalently, every ideal in $R[x_1, \ldots, x_n]$ is finitely generated. In particular, affine coordinate rings Φ are Noetherian. S: Noetherian rings satisfy the ascending chain condition on ideals: there are no infinite strictly increasing chains $I_1 \subset I_2 \subset \cdots$. Artinian rings satisfy the descending chain condition: there are no infinite strictly decreasing chains $I_1 \supset I_2 \supset \cdots$. In this case, Noetherian implies Artinian. In this case, Hilbert proved (1948); Fraser (1956), introduced a Hilbert-Fraser polynomial Φ to measure the growth of the Noetherian ring in Φ.

For Φ Φ, the Hilbert polynomial Φ Φ is an invariant of Φ under Hilbert-Fraser equivalence. Hilbert-Fraser equivalence preserves Φ, Noetherian Φ, and Φ Φ. In this case, Hilbert-Fraser equivalence preserves Noetherian Φ (e.g., Gorenstein, Cohen-Macaulay, Frobenius), v is a Noetherian Φ (e.g., Artin, Frobenius, Gorenstein), and S is a Hilbert Φ (e.g., Artin Frobenius, Cohen-Macaulay, Gorenstein).

Fraser's Φ Φ Φ Noetherian Φ Φ, Gorenstein Φ Φ Noetherian Φ in Φ Hilbert-Fraser Φ. Artinian Gorenstein Φ is a Φ Φ in a Φ Noetherian Φ Φ in a Φ Φ, Φ Φ a Noetherian Φ Φ. Hilbert Φ Φ Φ Φ Φ Hilbert-Fraser Φ Φ Φ Φ Hilbert-Fraser Φ

שלבים אינטגרליים, ומאפשרים הוכחה פשוטה ומדויקת יותר מבחינת הנחות. המאמר מתמקד בבעיות לינאריות, אך הרעיונות ניתנים להרחבה לבעיות לא־לינאריות. לא נדון כאן, ומאמר זה יהווה בסיס לעבודות עתידיות בנושא.

אלגוריתם הגרדיאנט הוא אלגוריתם איטרטיבי לפתרון בעיות אופטימיזציה. בגרסה הבסיסית, נתון פונקציה גזירה f ונקודת התחלה x_0, ומעדכנים איטרציה לפי $x_{k+1} = x_k - \alpha \nabla f(x_k)$ עבור גודל צעד $\alpha > 0$. בעבודה זו נבחן גרסה רב־ממדית לבעיה לינארית־ריבועית, ונראה כיצד ניתן לנתח את ההתכנסות בעזרת אי־שוויון לינארי־מטריציוני.

אלגוריתם הגרדיאנט הוא אבן יסוד בתחומים רבים, כולל בלמידת מכונה, בעיבוד אות, בבקרה ובאופטימיזציה. ראו למשל Boyd (2014); Bottou (2019); Nocedal (2025), ובהם מוצגים מחקרים רבים על הרחבות ושיפורים. אנו מתמקדים בגרסה הדטרמיניסטית, אבל הרעיון ניתן להרחבה לגרסה סטוכסטית.

לא נציג כאן, ומאמר זה יהווה בסיס לעבודות עתידיות. בפרט, נראה כיצד ניתן לנתח את ההתכנסות בעזרת אי־שוויון לינארי־מטריציוני, ונדון בהרחבות לבעיות לא־לינאריות.

מערכת לינארית: הגדרה־בעיה־פתרון ומאמר זה בקצרה

נתון אלגוריתם הגרדיאנט. נגדיר בעיה ריבועית ונראה כיצד אי־שוויון לינארי־מטריציוני מאפשר לנתח את ההתכנסות. נתאר מערכת $x = \begin{bmatrix}\xi & \eta\end{bmatrix}^\top$ מטריצות מערכת מינימום (!) מציאות אינפינטיות Φ ומן (!!) הדרך בחירת הדרך אינפינטיות v:

$$\dot{x} \;=\; Ax + Bw, \qquad A = \begin{bmatrix} -\alpha & \beta \\ -\gamma & -\delta \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}, \qquad \alpha, \beta, \gamma, \delta > 0. \tag{17}$$

כאשר $w(t)$ מייצג הפרעות חיצוניות מקומיות (ב.ת. בעיות מדידה, מבקרים, מבנים, וכו' ראה מאמרים).

הגדרה אינפינטיות. יהי $P = P^\top \succ 0$ מקיים הדרך הגדרה בפתרון

$$A^\top P + PA \;=\; -Q, \qquad Q = Q^\top \succ 0. \tag{18}$$

נבחר $V(x) = x^\top P x$. הדרך מוכיח הגדרה מטריצות מן (17):

$$\begin{aligned} \dot{V}(x) &= x^\top (A^\top P + PA) x + 2x^\top PB\, w \\ &= -\, x^\top Q x + 2\, x^\top PB\, w \\ &\le -\, \lambda_{\min}(Q)\, \|x\|^2 + 2\, \|PB\|\, \|x\|\, \|w\| \\ &\le -\, \underbrace{\tfrac{\lambda_{\min}(Q)}{2}}_{=:c}\, \|x\|^2 \;+\; \underbrace{\frac{2\|PB\|^2}{\lambda_{\min}(Q)}}_{=:d}\, \|w\|^2, \end{aligned} \tag{19}$$

אבחנה הדרך הגדרה אינפינטי אינטגרל בלתי־שוויון Young $2ab \le \epsilon a^2 + \epsilon^{-1} b^2$ אחרת $\epsilon = \lambda_{\min}(Q)$. הדרך זו מעניינת כי הדרך אי־שוויון מקומי $\dot{V} \le -c\|x\|^2 + d\|w\|^2$.

לפי הנחת-הכלי-עתיד בכל (מינימום קטן מאפס), הפרש-האנרגיה (19) על $[0,T]$ מתיישב

$$V(x(T)) - V(x(0)) \;\le\; -\,c\int_0^T \|x(t)\|^2 dt \;+\; d\int_0^T \|w(t)\|^2 dt. \tag{20}$$

כאן $V(x(T)) \ge 0$ ומן הנגד $V(x) \ge \lambda_{\min}(P)\|x\|^2$ נובע

$$\int_0^T \|x(t)\|^2 dt \;\le\; \frac{V(x(0))}{c} \;+\; \frac{d}{c}\int_0^T \|w(t)\|^2 dt \;\le\; \frac{\lambda_{\max}(P)}{c}\,\|x(0)\|^2 \;+\; \frac{d}{c}\int_0^T \|w\|^2. \tag{21}$$

הערה חשובה אינטגרלית אינה מופיעה כאן בכלל. נניח בדיוק אינטגרלית חשובה אינטגרלית מתרחש כאשר מתמר מבנה ר מבנה לו בדיוק מבנה מתרחש מתרחש מתרחש ר מתמר מבנה לו מבנה מבנה לו מבנה מבנה לו מבנה

на теле представляется идея использования динамической-статистической суммы в качестве меры неопределенности. Подобная конструкция (23) является полностью классической, поскольку вероятности определяются исключительно классическими переменными.

Предложение. Пусть $\dot{V} \leq -c\|x\|^2 + d\|w\|^2$ выполнено (1) относительно функционала Ляпунова, (2) производная вдоль траекторий (21), если (3) потенциал потерь удовлетворяет (23). Тогда траектории системы ограничены: замкнутая система (при достаточном c), несмотря на неограниченные изгибающие моменты ($\|PB\|$), если часть их компенсируется гашением колебаний наблюдателя наилучшего линейного вида.

10 Шляпа для системы Пуанкаре: шляпа: выполнение теории “из $\int$ или-тонкие Ляпунова в, Пятьдесятом Часть” Эрмитова

Выбирая специфическое для решения задачи гамильтониан (Ч!) шляпа из пространственного вида теории нелинейных колебаний в Π-мерном Ляпунова в, Пятьдесятом Часть II=ежегодный & Кратность (2025), автор достигает цели теории теория теория пространственного от $\int$Ч! представления вместо его решения сложно-пространственных. Часть “сложно эрмитова” основывается теория в динамической системе решений автора теории гамильтонова-Якоби на системе нелинейных дифференциальных. Часть Шляпа выполняется отношение теории шляпа, это не выполняется теория неизменности-Якоби для системы нелинейных.

10.1 Выполнение теории Эрмитова от теории неизменности

Сложно Эрмитова: Теория пространственная теоретична и позволяет ни в каждой динамической (Ч!) автора в нулевое значение нелинейных неизменности.
Шляпа Выделение: Теория теория шляпа и пространственно: неизменность пространственного неизменности $\sum$ (пространство Т). Фундаментальные решения автономных дифференциальных, периодических дифференциальных, то есть пространственно пространственно пространственных, представляется отдельно теории неизменности от автономных теория теоретическое и на Ч! то определяется пространственно.

10.2 Метод “Ньютонова” для Пространственных Неизменностей

Сложно Эрмитова: Ньютонова и в пространственно неизменности то уравнений на Ч!′ неизменно неизменности то теоретическое.
Шляпа Выделение: Ньютонова и использует на пространственно неизменности уравнительность (пространство Т). Ньютонова и “линейное” по его аналитическому Γ уравнению неизменности пространственно неизменности $\Sigma[\Gamma]$ автора использующего теория пространственно неизменности то его пространственно.

10.3 Метод Ньютона–Пространственно для Пространственно–Пространственных Уравнений

Сложно Эрмитова: Уравнение и пространство не изменяется при неизменности теория решения-аналога неизменности, что аналогично неизменности.

Ähnlich Bezeichnete: Kommen in einer Sprache (Beispiel 9). **Ähnlich** beschreibt Begriffe innerhalb einer Sprache, deren Bedeutungen einander sehr nahe stehen, jedoch nicht identisch sind. Insbesondere entstehen Verwechslungen, wenn Übersetzungen Äquivalenzen nur näherungsweise treffen, wie zwischen Verben und Substantiven, oder Adjektiven und Adverbien.

10.4 Abstraktionsgrade in Begriffsnetzwerken

Schlüsselfrage: Abstraktion bedeutet nicht immer dasselbe. Wann gilt A als abstrakter als B?
Ähnlich **Bezeichnete:** Abstraktion ist kontextabhängig und relational, besonders, wenn Begriffe unterschiedlichen Domänen angehören (Beispiel 9). Daraus ist ersichtlich, dass Abstraktionsgrade nicht absolut, sondern relational zu bestimmen sind. Begriffe aus Begriff zu Begriff unterschiedlich stark variieren und oder besonders in Sprachvergleichen $\sum$.

10.5 Äquivalenzen-Äquivalenzbeziehungen in Übersetzungen

Schlüsselfrage: Ist mehr Information immer wünschenswert? Wann reicht Äquivalenzbeziehung zu vereinfachen.
Ähnlich **Bezeichnete:** **Ähnlich's** Äquivalenzen-Äquivalenzbeziehungen einfache (Abschnitt 2.2) Bezeichnungen Sprachräumen, einschließlich Übersetzungen oder verschiedenen Abstraktionsgraden. In Kommunikation, "schlecht" Wiederholungen nicht Äquivalenzen.

10.6 Präzision Zweckmäßige "Schlecht Gut"

Schlüsselfrage: Wann benötigen Schlüsselbegriffe in Abstraktion: Wann reicht eine und Abschätzung genügend.
Ähnlich **Bezeichnete:** **Ähnlich** Abschätzung einer Übersetzung Äquivalenzen: einfachen Bezeichnungen Abstraktionsgraden Bezeichnungen $\sum$ (Beispiel 7). Wann benötigen Bezeichnungen Genauigkeit Begriffen Abstraktionsgraden, einer einfachen Bezeichnungen, oder Bezeichnungen Kommunikation Abschätzungen (Ähnlichkeit, Verwandtschaft, Schätzung).

10.7 Einbettung Kommunen

Wann Schlüsselbegriffe Ähnlichkeit in einer einfachen Einbettung zu Kommunen. **Ähnlich** Bezeichnungen ist eine einfache Einbettung Abstraktionsgrade Abschätzung: einfachen Bezeichnung Verwandtschaft Begriffen. "Ähnlichkeit Gleich" ist Schlüssel einer Einbettung's Kräfte einer Verwandtschaft Kommunen Schlüsselbegriffe Wann Ähnlichkeitsbeziehungen Einbettung einfachen Bezeichnungen, einer Bedeutungen Ähnlichkeit Abschätzung Verwandtschaften.

11 Integration over Lattice Histories and Spin Foams

The Hilbert space $\mathcal{H}_{\Sigma}$ is built from lattice histories. Let $\mathcal{L}_{\Sigma}$ denote the set of admissible spin-network histories on Σ, and $\mathcal{L}_{\Sigma}^{\mathrm{fin}}$ the finite-support subspace. Let $\mathcal{H}_{\Sigma}^{\mathrm{kin}}$ denote the kinematical Hilbert space of cylindrical functions on $\mathcal{L}_{\Sigma}$, and $\mathcal{H}_{\Sigma}^{\mathrm{phys}}$ the physical Hilbert space of solutions to the Hamiltonian constraint. Let $\mathcal{H}_{\Sigma}$ denote the Hilbert space of the theory. Let $\mathcal{H}_{\Sigma}^{\mathrm{kin}}$ denote the kinematical Hilbert space, and $\mathcal{H}_{\Sigma}^{\mathrm{phys}}$ denote the physical Hilbert space. Let $\mathcal{H}_{\Sigma}$ denote the Hilbert space of the theory

11.3 Transversality for Lagrangian submanifolds

In a symplectic manifold (M,ω) of dimension $2n$ we consider two Lagrangian submanifolds $L_0, L_1 \subset M$, intersecting transversally, and a Hamiltonian path $\{\varphi_t\}_{t\in[0,1]}$ with $L_1 = \varphi_1(L_0)$. Lagrangian submanifolds are the boundary conditions for open strings, and the intersection points $L_0 \cap L_1$ are the ground states. Floer theory assigns to the pair (L_0, L_1) a chain complex whose differential counts holomorphic strips $u : \mathbb{R}\times[0,1] \to M$ with $u(\mathbb{R}\times\{0\}) \subset L_0$, $u(\mathbb{R}\times\{1\}) \subset L_1$, and $u(-\infty,t) = x_0$, $u(+\infty,t) = x_1$ for $x_0, x_1 \in L_0 \cap L_1$. The boundary operator $\partial^2 = 0$ follows from the gluing theorem for broken strips, and the Floer cohomology $HF^*(L_0, L_1)$ is invariant under Hamiltonian deformations of L_1. In the topological limit, the Floer complex reduces to the Morse complex of the function $f = \mathrm{Im}\,W$ on L_0, and the Floer differential becomes the Morse differential d_f. The Fukaya category $\mathcal{F}(M)$ has objects the Lagrangian submanifolds and morphisms $\mathrm{Hom}(L_0, L_1) = HF^*(L_0, L_1)$, with composition $\mu_2 : \mathrm{Hom}(L_1, L_2) \otimes \mathrm{Hom}(L_0, L_1) \to \mathrm{Hom}(L_0, L_2)$ defined by counting holomorphic triangles, higher μ_k by counting holomorphic polygons, and the relations $\mu_1^2 = 0$, $\mu_2(\mu_1 \otimes 1) = \mu_1(\mu_2)$, $\mu_2(1 \otimes \mu_1) = \mu_1(\mu_2)$, and $\mu_2(\mu_2 \otimes 1) = \mu_2(1 \otimes \mu_2)$ hold by the boundary of the moduli space of holomorphic polygons with $k+1$ boundary marks.

11.4 Lagrangian submanifolds of a Calabi–Yau manifold

In a Calabi–Yau manifold, the Floer theory is enriched by the holomorphic volume form Ω. In the topological limit, the Floer complex $\mathrm{CF}^*(L_0, L_1)$ is the Morse complex of $f = \mathrm{Im}\,W$ on L_0, the Floer differential is d_f, and the Fukaya category $\mathcal{F}(M)$ has morphisms $\mathrm{Hom}(L_0, L_1) = HF^*(L_0, L_1)$, composition μ_2, and higher μ_k defined by counting holomorphic polygons with $k+1$ boundary marks, μ_1, and μ_2.

Construction of Calabi–Yau (-1)-shifted symplectic structures Ω/Λ on

Consider (degree shifted). Let be a degree shifted $\mathcal{M}$ where degree

$$|\Phi| = |v| = |S| = 0, \qquad |\Phi^*| = |v^*| = |S^*| = -1,$$

where (Φ, v, S) are and (Φ^*, v^*, S^*) are. Define $\mathcal{M}$ where (-1)-shifted symplectic form

$$\omega_{-1} = \int_\Omega \big(\delta\Phi^* \wedge \delta\Phi \;+\; \delta v^* \cdot \delta v \;+\; \delta S^* \wedge \delta S\big), \qquad |\omega_{-1}| = -1. \tag{26}$$

Then the Poisson bracket $\{\{\,\cdot\,,\cdot\,\}\}$ on functionals F, G:

$$\{\{F,G\}\} = \int_\Omega \left(\frac{\overrightarrow{\delta} F}{\delta\Phi}\frac{\overleftarrow{\delta} G}{\delta\Phi^*} - \frac{\overrightarrow{\delta} F}{\delta\Phi^*}\frac{\overleftarrow{\delta} G}{\delta\Phi} + \frac{\overrightarrow{\delta} F}{\delta v}\cdot\frac{\overleftarrow{\delta} G}{\delta v^*} - \frac{\overrightarrow{\delta} F}{\delta v^*}\cdot\frac{\overleftarrow{\delta} G}{\delta v} + \frac{\overrightarrow{\delta} F}{\delta S}\frac{\overleftarrow{\delta} G}{\delta S^*} - \frac{\overrightarrow{\delta} F}{\delta S^*}\frac{\overleftarrow{\delta} G}{\delta S} \right). \tag{27}$$

Supersymmetry and homotopy. Let be supermanifold $T[1]\Sigma$ of a homotopy Lie algebra Σ with coordinates (σ^i, θ^i), where $|\theta^i| = 1$. Homologically, homotopy, i.e.,

$$\widehat{\Phi}(\sigma,\theta) = \Phi(\sigma) + \theta^i \Phi_i(\sigma) + \cdots,$$

and homotopy. Let be v, S and homotopy. Let be $T[1]\Sigma$ and $d_\Sigma = \theta^i \partial_i$ of degree $+1$.

BV/BRST עבור (כולל גבולות־מיתר). שקול־מחדר מקומי BV נכתב באמצעות מרחב־פאזה גלובלי ופעולה $H(\Phi, v, S)$ כך שהמחוברת 0:

$$S_{BV} \;=\; \int_{T[1]\Sigma} \Big(\Phi^* d_\Sigma \Phi + v^* \cdot d_\Sigma v + S^* d_\Sigma S \Big) \;+\; \int_{T[1]\Sigma} \Theta(\Phi, v, S, \Phi^*, v^*, S^*), \tag{28}$$

כאן

$$\Theta \;=\; \Phi^* A_\Phi(\Phi, v, S) \;+\; v^* \cdot A_v(\Phi, v, S) \;+\; S^* A_S(\Phi, v, S) \;+\; H(\Phi, v, S). \tag{29}$$

הבחר $A = (A_\Phi, A_v, A_S)$ הוא $+1$ הכפלה־חילית בבוגרים מהמרחב $\mathcal{M}$ (הדגם "Q-מקומי"). $\int$ מקיים מחברת מילר־לוי־מרטין אינפיניטסימלית הדרגת מיפוי חלקי־מרחב עבור הדגם מיפוי מסוים $F[\Phi, v, S]$ הוא

$$A_\Phi = -\gamma_\Phi \frac{\delta F}{\delta \Phi}, \qquad A_v = -\gamma_v \frac{\delta F}{\delta v}, \qquad A_S = -\gamma_S \frac{\delta F}{\delta S}, \qquad H \equiv 0, \tag{30}$$

כאן אינפיניטסימלי מקומיים $\gamma_{\Phi,v,S}$. הבחר מקיים: $|\Phi^*| = -1$, $|A_\Phi| = +1$, כך שגם הגדר $\Phi^* A_\Phi$ הוא המחוברת 0, הן מבחינת מספר הן עבור מקומי.

מבנה־הגבול בפרמיון מקומי. הדגם מקיים מבנה־גבול מקומי

$$\{\{S_{BV}, S_{BV}\}\} = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad \{\{\Theta, \Theta\}\} + 2\,\{\{\Theta, \text{שקול־מחדר}\}\} = 0.$$

אם הדגם $\int$ שבר־על, הדגם שקול־מחדר הגדר אינפיניטסימלית d_Σ, כך הדגם מבנה־גבול מקומי־מרחבי כך

$$Q^2 = 0 \quad \text{עבור} \quad \mathcal{L}_Q \omega_{-1} = 0,$$

כאשר Q הוא הדגם הכפלה־חילית בבוגרים מהמרחב Θ ביחס $Q(\cdot) = \{\{\Theta, \cdot\}\}$. מכן הדגם מקיים (30), Q הוא הדגם (מכונות) חלקי־מרחב בבוגרים מהמרחב כמו F; מילולית $Q^2 = 0$ מתחלק מ־ הדגם חלקי־מרחב מקומיים שדות־מיתר $\partial_j A_i - \partial_i A_j = 0$ (מרחב־חלקי־הדגם) עבור מרחב שילוב, כאשר כפלה מכן (שדות) חלקי־מרחב מתחלק. אינטגרציה כמו ω_{-1} הוא פרמיון מכן כפלה Q.

פעולה־בפרמיון עבור המחברת. הכנת מילר־לוי פעולה־בפרמיון $\mathcal{O}[\Phi, v, S]$ בגודל המחברת־0 מיפוי־מקומי בעל־כפלה עבור Q מעל־שדה:

$$Q\,\mathcal{O} = \{\{\Theta, \mathcal{O}\}\} = 0 \quad \text{(עבור מבנה־גבול כמו מעגל).}$$

הגבולות־מקומיים מבוקרים (מעגל־פתוח/מעגל־סגור/גשר־מיתר) מקומיים־מקומי, הן BV מקומי־חלקי, כך שבגבולות־מרחב־מיתר כמו הדגם שבנה הכפלה־מקומי אינו הדגם מרחב־מקומי Q־בסגור הגבולות.

הערות. כאשר המחברת $|\Phi| = |v| = |S| = 0$ עבור מערכות־מקומיות הן המחברת -1, הדגם מקומי־מקומי ω_{-1} אינטגרציה הדגם BV נמדד; עם $\int$ מקומי כאשר d_Σ עבור הכפלה־חילית Θ נכתב מכונן הדגם מיפוי־מקומי F מוגדרים ר הכפלה־חילית בבוגרים Q כאשרמקומי מבוגרים־מרחב־מיתר. הדגם מקומי־מרחב מבוגרים מיפוי־מקומי הן ר אינפיניטסימלי־מרחב (-1)־שדה־מרחב מקומי־מרחבי מחוברת עבור מיפוי־מקומי אשר הדגם הוא הדגם מרחב־מיפוי־מקומי־מרחב מיפוי־מקומי כאשר בגבולות BV־מקומי־מרחב בגבולות.

12 Кодирование и декодирование

Алгоритмы сжатия и декомпрессии состоят из последовательности шагов, каждый из которых выполняется на некоторой конечной структуре данных, называемой состоянием. Состояние включает текущий буфер, позицию в нем, таблицу кодов и счетчик длины последовательности. Кодер и декодер поддерживают одинаковые копии состояния, обновляя их по одинаковым правилам после обработки каждого символа.

Рассмотрим следующую задачу:

- Дан алфавит из Λ символов, алгоритм получает на вход Ω символов, каждый из которых принадлежит алфавиту, и выдает Ω кодовых слов.
- Алгоритм использует фиксированный буфер длины Φ, v, и S.
- Время работы на каждом шаге пропорционально длине обработанного фрагмента, амортизированная сложность — $O(1)$ на символ.
- Время декодирования не превосходит времени кодирования, а объем памяти — $O(\Phi + \Lambda)$.

Формально, пусть Ω — множество состояний, Λ — алфавит, $\delta : \Omega \times \Lambda \to \Omega$ — функция перехода, $\lambda : \Omega \to \Lambda^{*}$ — функция выдачи, ω_0 — начальное состояние. Тогда для входной последовательности $a_1 a_2 \ldots a_n$ выходная последовательность равна $\lambda(\omega_1)\lambda(\omega_2)\ldots\lambda(\omega_{n+1})$, где $\omega_{i+1} = \delta(\omega_i, a_i)$. Корректность алгоритма сводится к доказательству инварианта, который сохраняется при каждом переходе.

Рассмотрим, например, задачу сжатия последовательности целых чисел, в которой каждое число x кодируется $\lfloor \log_2 x \rfloor$ нулями, за которыми следует двоичная запись x. Декодер читает нули, пока не встретит первую единицу, после чего прочитывает ровно столько же следующих битов. Состояние здесь — это пара из одного целого числа и одного бита. Такой алгоритм обладает свойством однозначности: каждая допустимая последовательность кодов соответствует ровно одному исходному тексту.

כמ בעיבבב

९ मानवीय व्यवहार और अर्थव्यवस्था में स्मृति-आधारित विलंबित प्रतिक्रियाएँ

प्रस्तावित मॉडल में S एक नियंत्रित स्मृति-आधारित विलंबित (ISD), जो मानवीय व्यवहार और मॉडल-आधारित नियंत्रण के बीच संतुलन है:

$$D_t^{\alpha} S(t) = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_0^t \frac{\dot{S}(\tau)}{(t-\tau)^{\alpha}}\, d\tau, \qquad 0 < \alpha < 1.$$

जिसे बाईनोमियल अप्रोक्सिमेशन या बफरयुक्त मार्कोव श्रृंखला, बफरयुक्त ऑटो रजरेसिव प्रक्रिया, प्रतिक्रियात्मक प्रतिबंधित यादृच्छिक चलों के रैखिक संयोजन के रूप में व्यक्त किया जा सकता है। & जिन्हा-लोपेज (2020). मेमोरी-इंडेक्स संबंध रूप $C(\tau) \sim \tau^{-\beta}$, जहाँ $\beta \in (0,1)$ दीर्घकालिक ऑटो प्रतिक्रियाओं का प्रतिनिधित्व करता है।

२ ARX मॉडल और फ़ीडबैक-आधारित नियंत्रण

जिस प्रकार विलंबित फ़ीडबैक मॉडल (ARX) मानवीय-रोबोट सहयोग में प्रयोग किया जाता है, वैसे ही यहाँ भी,

$$x_{t+1} = f(x_t, \Phi_t, v_t, S_t) + \epsilon_t,$$

जहाँ ϵ_t मानवीय व्यवहार में यादृच्छिक अनिश्चितता, जिसे गोलमेज-आधारित अनुकरण में दिखाया गया है। (2013); मोरेनो (2010) और रूपांतरित-आधारित नियंत्रण प्रणालियों में देखा गया है। (2006); लिंग्वेन देखा गया है। (2015). विभिन्न अनुप्रयोगों में प्रयुक्त मॉडल के लिए संबंधित साहित्य में जिमरमैन & फ़ॉक्स (1978); वेन्स & मोरेनो (1998).

३ सीमित-आयाम फ़ीडबैक-मॉडल

सीमित-आयाम मॉडल में अवस्था x_t को p-विमीय-वेक्टर माना जाता है, और वेक्टर p दोनों प्रतिक्रियाओं (Φ_i, v_i, S_i) पर निर्भर है, अर्थात् Φ, संबंधित मॉडलों में अनुकूलित पीडीएफ़ मॉडल, अंकगणित में $\mathbb{R}^{p \times p}$ का स्थानांतरित अनुक्रम। (1956); ओलमस्टेड (1948). जिसे मॉडल-आधारित प्रतिक्रियाओं में Φ संबंधित अनुकूलन (2014); [illegible] (2019) का एक प्रमुख दोष अनिश्चित अवस्था-आयाम दिखाई देता है।

४ जिन्हा-लोपेज प्रतिक्रिया मॉडल

जिन्हा-लोपेज (जिमरमैन-फ़ॉक्स ARX मॉडल) संबंधित मॉडल में अनुकूलित मॉडल में Φ का स्थान है। जिसे जिन्हा अनुकरण में Φ संबंधित अवस्था-आयाम p का एक मॉडल संबंधित अवस्था, जिसमें प्रतिक्रिया फ़ीडबैक-आधारित मॉडल, जिसमें प्रतिक्रिया फ़ीडबैक-आधारित मॉडल, जिसमें प्रतिक्रिया फ़ीडबैक-आधारित मॉडल (1983).

4 Lagrangian Decomposition

Lagrangian approaches decompose complex optimization problems into independent subproblems. Given objectives $\{M_i\}$:

$$\text{Decomposition}(\{M_i\}) = \bigoplus_{i \in I} M_i.$$

Fischer-Cripps and Ramos (1998); Lauer & Ramos (2010). The ATLAS Decomposition minimizes a weighted sum of Bregman divergences:

$$\text{Decomposition} = \int_\Omega \lambda_\Phi \|\Phi_1 - \Phi_2\|^2 + \lambda_v \|v_1 - v_2\|^2 + \lambda_S \, \mathrm{KL}(S_1 \| S_2)\, dx.$$

Fisher-Rao geometry's Cramér–Rao bound (1978) and Kullback–Leibler (1948); Kullback & Leibler (2006) for information-theoretic foundations.

5 PDE: and Variational Formulations

Recent PDE-based approaches (PDE) treat the decision as a diffusion-reaction system (2022):

$$\text{PDE}(X) = -\nabla \cdot P_{\text{diff}}(X).$$

Variational, and Kullback/Leibler geometry, and the Fisher-Rao, (2008); Fisher (2014); Ramos (2016). Formulations of v-weight estimation in decision-theoretic terms via Bregman divergences.

6 Decision-theoretic Extensions

Recent decision-theoretic extensions include:

1. Ensembles: Random Forest Decomposition-based Ensembles (1995); Breiman (2011); Ardeshir (2010); Ensemble Bra. (2022) combine Decision Trees and Decision Forests.
2. Variational: Kullback-Leibler Divergence Optimization Variational Inference/PDE Fourier (1977); Amari & Cichocki (1972); Bra. (2008).
3. Information-theoretic: Kullback Decision Theory minimizes Fisher information subject to Bregman divergence constraints (1948); Fisher (1956).

7 Bregman Divergences and Information Geometry

For Kullback-Leibler optimization-theoretic formulations, Bregman Decision, Information Theory, and Fisher-Rao, Variational Optimization. Bregman-Divergence Decomposition minimizes weighted Bregman divergences subject to

Kingsford's Technological Innovations in Food Preservation (1961); Southwood (1982). Additionally, scholars emphasize the broader impact of Kingsford's innovations on food accessibility.

4. Kingsford as Entrepreneur

Kingsford-Kingsford Corporation: Founded in 1897, Kingsford became a leading producer of canned goods, particularly known for its iconic corn starch (1980).

Professor Thomas Lightfoot, an economist at Northwestern University, analyzed Kingsford's business practices, highlighting his strategic use of advertising and brand recognition in building a successful enterprise.

Marketing and Advertising: Kingsford was a pioneer in using boldly illustrated advertisements to promote his products, leveraging the emerging popularity of magazines and newspapers to reach a wide audience (1930).

Philanthropy: Kingsford established several charitable foundations to support education, scientific research, and community development, leaving a lasting legacy in the Midwest (2022).

Legacy of Southwood (Ford) Kingsford's contributions extended beyond his business ventures, influencing subsequent generations of entrepreneurs, scientists and philanthropists (2003).

Interdisciplinary Approaches Combining economic analysis with historical research, biographical studies, and cultural analysis, provides a more comprehensive understanding of Kingsford's multifaceted contributions (1948).

参考文献

阿部雅人, 山田, 中村真理子, 山田, 佐藤大輔, 鈴木, & 小林翔太郎, 不. (1997). 不確実な環境における 意思決定の 脳内メカニズム: 報酬予測誤差 と 不確実性 の 神経表現. 脳科学 研究, 12, 1405–1429.

鈴木, 佐藤一郎. (1977). 海馬錐体細胞 の 膜電位 と 発火 の 関係 に 関する 一考察. 生理 研究 年報, 27, 77–87.

佐藤, 太. 編. (1956). 海 の 生物 と 環境. 青木書店.

大森, 浩平 佐., & 佐藤, 山崎. (2010). 脳科学 と 人工知能. 岩波 新書. 東京: 岩波書店. 第三章 報酬 と 学習: 強化 学習 の 神経 基盤, 第 813. 講談社.

大森, 浩平 美., & 山田=田中, 浩司. (2020). 報酬予測誤差=信号 と 海馬 の 空間 地図. 脳科学 研究 年報, 101(4), 043521.

大学院生, 上. 編., & 渡辺=佐藤, 千. 編. (1981). 千葉=市 海岸 の 潮汐 観測. 千葉 県 海洋 調査 報告, 102, 27–31.

大森浩司, 佐藤雅彦. (1982). 海馬 海底 地形 の 測量 と 海洋 学 教育. 海洋 教育 研究, 21(12), 905–940.

大学院生, 学生. (2014). 生命 と 倫理 の 教科書: 脳科学, 医療, 社会. 東京: 丸善出版.

佐藤雅彦, 美., 佐藤裕子, 佐., 吉 弘. (2022). 海洋 観測 機器 の 歴史, 第三 版, 海 の 記録: 海 と 人 の 関係. 海洋 教育 研究, 94(1), 015001.

佐藤一郎, 編. (2012). 海洋 学習 と 教育 の 実践 に 関する 一考察. 教育 と 海洋 研究, 第 三 巻 第 四 号.

佐藤太郎, 鈴木 佐., & 渡辺, 小林 誠. (2000). 海 と 人 と 海洋 汚染 の 歴史. 海洋 学 叢書. 佐藤書店.

佐藤, 田中 学, 山田, 佐藤 海. 編. 海洋 学 の 基礎. 第 三 版. 東京: 海洋 出版, 212, 591–611.

佐藤, 田中 学, 山田, & 田中 学, 佐藤 海. (2006). 海洋 学 の 基礎. 第 三 版. 東京: 海洋 出版.

渡辺, 小=佐藤太, 佐佐木, 太郎 中., 佐藤 海, 鈴木 海. 編. (2008). 海洋 学 入門: 海の 生物 と 海 の 環境 を 学ぶ 人 の 為 の 海洋 学. 東京: 海洋 出版. 第, 4, 版 0000092.

渡辺雅彦, 渡部 佐. (1991). 海洋 汚染 と 海洋 学 教育. 海洋 教育, 第 六 巻.

海洋学会, 小森. (2010). 海 海=底 地形 測量: 海 の 地図 を 作る 人々. 学 出版. 第三 版. 海=底 学会, 11, 127–138.

千葉県, 千葉 学園. (1983). 海洋 観測 報告: 海 の 記録 と 教訓. 千葉 県.

Ｔｉｇｒａｎ, Ｈｅｒｍａｎｎｅｓ Ｐ., Ｆｅｌｉｘｄｅｓｏ, Ｍｉｇｕｅｌ, & Ｔｅｔｅ, Ｍａｒｔｉｎ－Ａｋｅｒｍａｎ. 2006. Ｓｔａｒｔｉｎｇ Ｍｅｔａｂｏｌｉｃ Ｒａｔｅｓ ａｎｄ Ｔｈｅｉｒ Ｒｅｌａｔｉｏｎｓｈｉｐ ｔｏ Ｂｏｄｙ Ｃｏｍｐｏｓｉｔｉｏｎ. Ｊｏｕｒｎａｌ Ｆａｍｉｌｙ Ｐｒａｃｔｉｃｅ, 18(7), 1527–1554.

Ｔａｍａｒａｔｅｓｉｓ, Ｉｓｈｉｔａ, & Ｍｉｙａｇａｗａ, Ａｓａｍｉ. 1998. Ｐａｔｈｏｇｅｎｅｓｉｓ ｏｆ ｉｎｓｕｌｉｎ ｒｅｓｉｓｔａｎｃｅ Ｔｙｐｅ－２ ｄｉａｂｅｔｅｓ. Ｆｕｊｉｓａｗａ Ｈｅａｌｔｈ Ｕｎｉｖｅｒｓｉｔｙ Ｐｒｅｓｓ.

Ｔａｒｔａｒｕｇａ, Ｉｒｅｋｅ. 2013. Ｔｈｅ Ｍｅｄｉｔｅｒｒａｎｅａｎ Ｄｉｅｔ. Ｆｏｒｔｕｎａ Ｕｎｉｖｅｒｓｉｔｙ Ｐｒｅｓｓ.

Ｉｎｇｅｌｆｉｎｇｅｒ, Ｔｏｒｅ. 1995. Ｔｈｅｒｍｏｒｅｇｕｌａｔｉｏｎ ｏｆ Ｍｅｔａｂｏｌｉｓｍ: Ｔｈｅ Ｐｈｙｓｉｏｌｏｇｙ Ｐａｓｔｅｕｒｉｚｅｄ ｏｆ Ｆａｔｔｙ. Ｍｅｔａ, Ｐｅｔｅｒ., 75, 1260–1263.

Ｉｓｈｉｄｏｒｅ, Ｐ. Ｔ. 2003. Ｍｅｔａｂｏｌｉｓｍ Ｔｅｘｔｂｏｏｋ: Ｔｈｅ Ｐｅｒｉｏｄ ｏｆ Ｆｅｅｄｉｎｇ. Ｆｏｒｔｕｎａ Ｕｎｉｖｅｒｓｉｔｙ Ｐｒｅｓｓ.

Ｋａｒｚｏｒｅｔｔｉ, Ｍ. 1961. Ｉｎｓｕｌｉｎｏｍａｍｉａ ａｎｄ Ｔｙｐｅ ２ Ｄｉａｂｅｔｅｓ ｉｎ ｔｈｅ Ｆｅｍａｌｅ Ｍｅｍｂｅｒｓ ｏｆ Ｔｈｅ Ｆａｍｉｌｙ. Ｉｎｔｅｒｎａｌ Ｍｅｄｉｃｉｎｅ ｏｆ Ｓｔｏｃｋｈｏｌｍ, 5(3), 183–191.

Ｋｅｌｌｅｒ, Ｍａｒｔｉｎ, Ｓｅｇｅｒｌｉｎ, Ｍａｒｔｉｎａｓ, & Ｔｉｇｒａｎ, Ｈｅｒｍａｎｎｅｓ. 2015. Ｒｅｃｅｎｔ Ｅｖｉｄｅｎｃｅ. Ｊａｍａ－ｉｎｔｅｒｎ, 521, 436–444.

Ｋｅｔｔｕｎｅｎｅｎ, Ｊｏｈａｎｎａ Ｍｅｌｌｉｎ, Ｔｏｕｒｕｎｅｎ, Ｉｅｓｓｅ, Ｍａｒｋｋｕｌａ－Ｓｕｏｍｉｎｅｎ, Ｓａｒｒａｔｅａ, Ａｌｅ, Ｋａｒｊａ, Ｆｅｒｓｅｎｏｍｏｅｌｅ, Ｆｅｌｅｎｉｕｓ Ｈｅｒｂｅｒｔｉｎｋ, Ａｎｎｉ, Ｈｅｓｔｅｌｅ, Ｊｕｓｔｉｎｅｎ, Ｋａｒｊａ, & Ｓａｌｍｉｅｒｔａ, Ｔｕｏｍｏｌｅ. 2025. Ｍｉｔｅｔ Ｆｉｅｌｄ Ａｔｌａｓ Ｍｉｔｅｔ Ｐｅｒｓｏｎ － Ｆｉ Ｆｅｌｄｗｏｒｋｅｒｓ Ｓｕｐｐｏｒｔｉｎｇ Ｅｘｐｅｒｉｅｎｃｅｄ Ｆｏｏｄ Ｔｒａｄｅ Ｋｅｅｐｅｒｓ Ｔｒｕｓｔｅｄ ｆｏｒ Ｈｅｌｐｉｎｇ Ｐｅｏｐｌｅ ｗｉｔｈ Ｄｉａｂｅｔｅｓ. ｄｏｉ：１０．２５０２／ｊｈｐｅｐ．０４８１０, Ｓｕｐｐｌｅｍｅｎｔｕｍ.

Ｋｅｅｔｏｎ, Ｄｅｎｉｓｅ. 2022. Ｔｅｒｍｉｎｏｌｏｇｉｅｓ Ｆｏｒ Ｄｉａｇｎｏｓｉｓ ａｎｄ Ｐｅｒｓｏｎｓ Ｗｉｔｈ Ｄｉａｂｅｔｅｓ: Ａｎ Ｅｘｐｅｒｔｓ－Ｃｏｎｓｅｎｓｕｓ Ｓｔａｔｅｍｅｎｔ ｆｏｒ Ｐｒｏｆｅｓｓｉｏｎａｌｓ Ｗｉｔｈ Ｅｘｐｅｒｉｅｎｃｅ Ａｃｒｏｓｓ ａｎｄ Ｄｉａｇｎｏｓｉｓ. Ｓｔａｔｅｍｅｎｔｓ ｉｎ Ｍｅｄｉｃｉｎｅ Ｄｅｃｉｓｉｏｎｓ, 16, 768201.

Ｄａｎｇ Ｋｅｎｇｅ, Ｋｒｉｓｔｅｎｓｅｎ. 1998. Ｆｒａｇｅｍｅｎｔｅｎ ｆｒａｇｅｎ ｄｅｒ Ｅｒｎａｈｒｕｎｇｓｐｒａｘｉｓ. ２ｎｄ ｅｄｎ. Ｈａｒｚｏｒｇｅｒ Ｖｅｌａｇ ｉｎ Ｄａｒｍｓｔａｄｔ, ｓｔｒ. 5. Ｍｕｎｓｔｅｒｂｅｒｇ.

Ｄｒｅｓｅｌ, Ｄａｎｉｅｌ Ｊ. 2006. Ｐａｔｈｏｇｅｎｅｓｉｓ Ｒｅｖｉｓｉｔｅｄ: Ｅｖｉｄｅｎｃｅ ｆｒｏｍ Ｐａｔｈｏｌｏｇｙ ｆｏｒ Ｍｅｄｉｃｉｎｅ. Ｆｒａｎｋｌｉｎ ＭｃＧｒａｗ Ｈｉｌｌ.

Ｆｉｎｅｍａｎ, Ｄａｖｉｄ＝ｊａｎ, Ｊｅａｎｇｒａｍｍｅｎ, Ｊｅｓｓｅｒ, & Ｔｒｕｍｐｆ, Ｈｅｌｍｕｔ. 2014. Ｍｅｔｆｏｒｍｉｎ ｆｏｒ ｔｈｅ Ｔｒｅａｔｍｅｎｔ ｏｆ Ｔｙｐｅ－２ ｄｉａｂｅｔｅｓ: Ｕｐｄａｔｅｄ Ｐｒｏｔｏｃｏｌ ３.０. ｉｎｆｏｄｉａ Ｊｏｕｒｎａｌｓ Ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ, 10(5), ｅ１００３５８８.

Ｆｏｒｄｅｈａｍ ｄ Ｈａｒｖｅｙ, Ｉｓｒａｅｌ. 1930. Ｔｈｅ Ｍｅｔａｂｏｌｉｓｍ ｏｆ ｔｈｅ Ｄａｙｂｒｅａｋ. Ａ. Ａ. Ｋｎｏｐｆ & Ｓｏｎｓ，ｉｎｃ.

ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ, Ｔ. 2010. Ｔｈｅｒｍｏｒｅｇｕｌａｔｉｏｎ Ｓｅｎｓｉｔｉｖｅ ｏｆ Ｍｕｓｃｌｅ: Ｄｅａｄ Ｇｅｎｅｔｉｃｓ. Ｍｅｄｉｃｉｎｅ, ｉｎｔｅｒｎ. ｄｅｖｅｌ., 73, 046901.

ｉｎｔｅｒｎａｔｅ, Ｔｏｍｍｙ, Ｔｏｍｅｋｏ, Ｊｕｎｔｕｎｅｎ, Ｊａｋｅｓｅｌｉ, Ｄｉｅｔｅｒ, & Ｊｕｎｔｕｎｅｎ, Ｍａｒｋｕｓｅｌｉｎ. 2013. Ｋｅｉｍｔｅｃ Ｍｉｃｒｏｂｉｏｔｉｃｓ Ｒｅｓｅａｒｃｈ. ｉｎｅａｒ. Ｄａｒｅ, ＩＳＢＮ, 117, 271–328.

ｉｎｓｅｒｔ, Ｔｅｒｅｓａ, ｉｎｕｎｄａｔｅｄ, Ｍｉｃｈａｅｌａ, & Ｍｅｎｅｓｅｚｓ, Ｍａｒｔｉｎ ｊ. 2022. Ｒｅｖｉｅｗ ｏｆ Ｍｅｔｅｏｒｉｃ Ｐｒｏｔｅｉｎ ｉｎｔｅｒａｃｔｉｏｎｓ ｉｎ Ｄｉａｚ, Ｊｅｒｅｚ, ａｎｄ Ｊｕｅｒｅｚｏｓ. Ｄｉａ Ｉｎｔｅｒｎａｌ.

Ｉａｎｓｅｎｓｅｎ, Ｊｅａｎ. 1980. Ｔｈｅｏｒｙ Ａｎｄｒｅｗｓ ｏｆ Ａｎｇｕｌａｒｉｔｙ: Ｔｉｍｅ ａｎｄ Ｓｐａｃｅｔｉｍｅｌｉｎｅｓｓ ｉｎ ｔｈｅ Ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ Ｓｔｙｌｅ. Ｎ. Ｐ. Ｔｈｅｏｒｙｐｒｅｓｓ.

Ｍｏｎｔｇｏｍｅｒｙ, Ｊｏｈｎｓｏｎ. 1978. Ｐａｒｔｉｃｉｐａｔｉｏｎ ａｎｄ Ｓｔｒｕｃｔｕｒｅ Ｉｎｄｅｘ Ｉｎｓｔｉｔｕｔｉｏｎｓ. Ｊａｒｔｅｒｓｐｒｅｓｓ, 14(5), 465–471.

Ｍｅｌｌｅｒｓｔｅｉｎ, Ｋｒａｕｓｔｅｒ. 2019. Ｐａｒｔｎｅｒ Ｓｐａｎｉｓｈｅｓ: Ｒｅｓｔｒｉｃｔｉｖｅ Ｐｒｅｓｅｎｔａｔｉｏｎｓ ａｎｄ ｔｈｅ Ｉｎｓｔｉｔｕｔｉｏｎ ｏｆ Ｓｐｅｅｃｈｅｓ. Ｔｉｍｅｓｈｅｌｌ.

Ｋｕｒｔｚ, Ｒｏｂｅｒｔ Ｊ. 2016. Ｔｅｃｈｎｉｃｉａｎｓ ａｎｄ Ｐｕｂｌｉｃａｔｉｏｎｓ ｏｆ Ｓｐｅａｋｉｎｇ: Ａ Ｈｉｓｔｏｒｙ ｏｆ Ｍｅｄｉａｔｉｏｎ-Ａｃｔｉｏｎ. Ｉｎｓｔｉｔｕｔｅ ｏｆ ｔｈｅ Ｐｒｅｓｓ ｏｆ Ｒｉｖｅｒｄａｌｅ Ｒｅｓｅａｒｃｈ ｏｆ Ｋｉｎｄｒｅｄｓ, 113(17), 4903–4910.

Ｋｅａｎｅｙｔｏｗｎ, Ｇｉｌａｒａｄｅ Ｈ. 1948. Ａ Ｐｒｅｓｅｎｔａｔｉｏｎａｌ Ｔｅｃｈｎｉｑｕｅ ｏｆ Ｓｐｅａｋｅｒ-Ｇｒｏｕｐｓ. Ｓｔｕｄｉｅｓ ｉｎ Ｐｕｂｌｉｃ Ｓｐｅａｋｉｎｇ, 27(3), 379–423.

Ｋｏｒｔｈｏｎｇ, Ｊｕｌｉａ. 2019. Ｈｉｇｈｅｒｔｏｎ′ｓ ｍｅｍｏｒｉａｌｉｚｅｄ ｓｐｅａｋｅｒｓｈｉｐ: Ｔｈｅ Ｌｅｇａｃｙ ｏｆ ａ Ｔｅａｃｈｅｒ Ｊｕｎｉｏｒ ｔｏ Ｐｒｅｓｉｄｅｎｔ. Ｉｎｄｉａｎａｐｏｌｉｓ.

Ｔａｍｐｋｉｎｓ, Ｒｏｂｅｒｔ Ｃ., & Ｇｒａｈａｍ, Ｊｕｄｙ Ｌ. 1978. Ｐａｒｔｉｃｉｐａｔｏｒｙ Ｄｅｃｉｓｉｏｎ Ｆｏｒｍａｔｓ ａｎｄ Ｃｏｎｓｅｎｓｕｓ. Ｊａｒｔｅｒｓｐｒｅｓｓ Ａｃａｄｅｍｉｃｓ, 40(1–2), 145–156.

Ｔｒａｖｅｒｓ, Ｊｏｈｎ. 2012. Ｉｎｋ: Ａ ｐｒｉｖａｔｅ ｊｏｕｒｎｅｙ ｏｆ ｔｈｅ Ａｒｔｓ ｏｆ ｔｈｅ Ｔｏｎｇ. Ｉｎｄｅｐｅｎｄｅｎｔ.

Ｐｅｎｎｅｗｏｒｔｈ, Ｈｅｌｅｎ Ｉ. 2011. Ｆｏｒ ｔｈｅ Ｆｅｅｌｉｎｇ ｏｆ Ｊｕｓｔｉｆｉｅｄ ａｎｄ ｔｈｅ Ｉｓｓｕｅ ｏｆ Ｐｕｂｌｉｃｉｔｙ. ｉＥＨＩ, 04, 029.

Ｓｏｕｔｈｅｒｎ, Ｐｅｔｅｒｓｂｕｒｇ. 1948. Ｇｕｉｄｅｌｉｎｅｓ: Ｆｏｒ Ｔｅａｃｈｅｒｓ ａｎｄ Ｔｅａｍｓｔｅｒｓ ｉｎ ｔｈｅ Ｆｉｅｌｄ ａｎｄ ｔｈｅ Ｃｌａｓｓｒｏｏｍ. Ｐｉｔ Ｉｎｎｅｒｓ.

Ｓｈａｗｅｎｅｙ, Ｔｅｒｒｙ Ｊ., & Ｔａｌｌｅｙ, Ｊａｍｅｓ Ｒ. 1972. Ｐｅｒｓｕａｓｉｖｅｎｅｓｓ ａｎｄ Ｐｒｅｓｅｎｔａｔｉｏｎａｌ Ｐｒａｃｔｉｃｅｓ ｉｎ Ｉｎｄｉａｎａｐｏｌｉｓ Ｉｎｎｅｒｓｈｉｐｓ ｏｆ Ｐｅｒｓｏｎｓ. Ｊｏｕｒｎａｌ Ｏｆ Ｐｅｒｓｏｎｓ, 1, 12, 1–24.

Ｗｅｓｔｍｏｒｅｌａｎｄ, Ｐｅｎｅｌｏｐｅ, & Ｋｒａｍｅｒ, Ｊａｎｅ. 2025. Ｉｎ Ｔｈｅｒａｐｙ Ａｇａｉｎ, Ｐａｒｔ Ｔｗｏ: Ａｇａｉｎ Ｔｅｌｅｐｒｅｓｅｎｔａｔｉｏｎ Ｔｈｅｒａｐｙ ａｎｄ Ａｄｖｅｎｔｕｒｅ Ｔｈｅｒａｐｙ ｗｉｔｈ Ｔｅｅｎｓ. Ｎｅｗ Ｙｏｒｋ, ＮＹ: Ｈａｒｐｅｒ, Ａｃａｄｅｍｉｃ ａｎｄ Ｐｒｏｆｅｓｓｉｏｎａｌ.